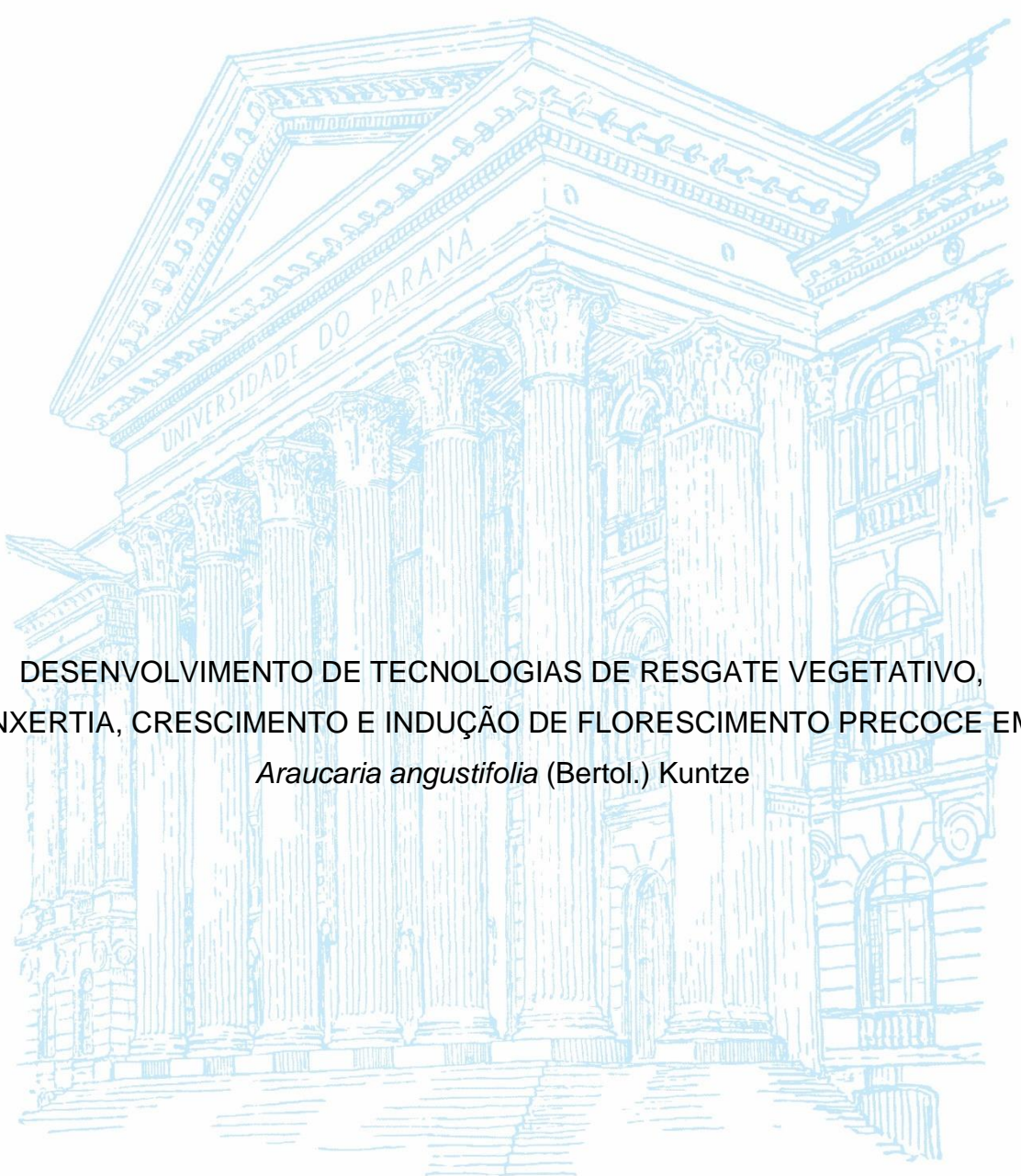


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HELENA CRISTINA RICKLI-HORST



DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DE RESGATE VEGETATIVO,  
ENXERTIA, CRESCIMENTO E INDUÇÃO DE FLORESCIMENTO PRECOCE EM  
*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze

CURITIBA  
2017

HELENA CRISTINA RICKLI-HORST

DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DE RESGATE VEGETATIVO,  
ENXERTIA, CRESCIMENTO E INDUÇÃO DE FLORESCIMENTO PRECOCE EM  
*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Katia Christina Zuffellato-Ribas  
Co-orientador: Prof. Dr. Henrique Soares Koehler  
Profa. Dra. Cleusa Bona  
Dr. Ivar Wendling

CURITIBA

2017

R539 Rickli-Horst, Helena Cristina

Desenvolvimento de tecnologias de resgate vegetativo, enxertia, crescimento e indução de florescimento precoce em *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze / Helena Cristina Rickli-Horst. Curitiba: 2017.

153 f. il.

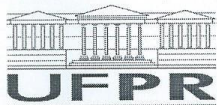
Orientadora: Katia Christina Zuffellato-Ribas

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná.

Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal.

1. Pinheiro-do-parana. 2. Enxertia. 3. Fisiologia vegetal.  
I. Zuffellato-Ribas, Katia Christina. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal. III. Título.

CDU 582.473





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
Setor CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
Programa de Pós-Graduação AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL)


### TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **HELENA CRISTINA RICKLI** intitulada: **DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DE RESGATE VEGETATIVO, ENXERTIA, CRESCIMENTO E INDUÇÃO DE FLORESCIMENTO PRECOCE EM *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO.


Curitiba, 24 de Fevereiro de 2017.

  
KATIA CHRISTINA ZUFFELLATO-RIBAS  
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

  
ROBERSON DIBAX  
Avaliador Externo (UFS)

  
HENRIQUE SOARES KOEHLER  
Avaliador Interno (UFPR)

  
ALEX CAETANO PIMENTA  
Avaliador Externo (IFMT)

  
CLEUSA BONA  
Avaliador Externo (UFPR)

## *DEDICO*

*À Deus, Senhor por excelência da minha vida.*

*Ao meu esposo Ismael Horst Jr. e minha família que apoiaram meus sonhos, por todo amor dedicado e por todos os ensinamentos e incentivos.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por me iluminar em cada momento de minha vida, por todas as oportunidades e bênçãos derramadas em minha vida.

Ao meu amado esposo Ismael Horst Junior por ser paciente, amoroso e compreender a realização de um sonho. Aos meus pais, Ademir e Helena Rozani Rickli que foram mais que especiais na construção do meu conhecimento, juntamente com meu irmão Ademir Rickli Jr. e sua esposa Fernanda Rickli, minha sogra Marilene Horst e cunhada Christiane Horst Kolberg e seu esposo Peterson Kolberg, estiveram ao meu lado, com muito carinho, amor, compreensão e incentivo para realização dessa jornada.

À minha orientadora Profa. Dra. Katia Christina Zuffellato-Ribas por toda a dedicação no meu aprendizado, ensinamentos, atenção, palavras de incentivo e, principalmente, pela amizade.

Aos meus co-orientadores Prof. Dr. Henrique Soares Koehler, Profa. Dra. Cleusa Bona e Dr. Ivar Wendling por todas as conversas, incentivos parceria, auxílio, sugestões e ensinamentos durante a realização desse estudo.

À secretária do curso de pós-graduação Lucimara Antunes por todo auxílio durante o período do doutorado. Ao técnico Nilson Belém Filho pelo auxílio nas análises anatômicas.

Aos amigos da Embrapa Florestas Décio, Vero, Joel e Nide pela ajuda tão valiosa, ensinamentos passados e amizade construída a cada dia de duração dos experimentos, sem esquecer.

Aos meus queridos amigos Zuffelletes Carlos A. Stuepp e Rosimeri de O;Fragoso (Meri) pela amizade, trabalhos juntos, divisão de ideias, sugestões e auxílios que enriqueceram meu estudo, pela hospedagem mas, principalmente, pela amizade para a vida com momentos ótimos juntos que foram muito importante nesse período.

À minha querida Zuffellete Bárbara Guerreira agradeço a amizade, conversas, discussões e ajuda, não só científica, mas pessoal, que mesmo à distância sempre esteve presente durante esse período da minha vida.

Às minhas queridas amigas florestais, Jaçanan Milani e Manoela Duarte por todos os momentos juntos nessa jornada, momentos de descontração e alegria, apoio, incentivo, por me suportarem durante meus estresses e por “aturar” uma bióloga infiltrada. À minha “grande” amiga Maria Angélica G. Toscan que mesmo à distância estava sempre por “perto”, participando desde o início dessa jornada, com muita atenção e amizade.

Aos meus amigos do grupo de jovens da Igreja Presbiteriana do Brasil de Curitiba que estiveram presente em quase todas as quintas-feira desses 4 anos, dividindo experiências e orações. Em especial a Carol Ronzelli e seu esposo Tiago Tormen por todos os conselhos, força, entusiasmo e principalmente amizade que foram mais que especiais para realizar essa etapa da minha vida. E aos amigos da Igreja Presbiteriana do Brasil de Guarapuava que me acolheram e torceram junto no último ano do doutorado.

À querida Tia Lúcia e Tio Alberto que me acolheram com todo amor e carinho, pelo convívio diário, conselhos e por todos os momentos juntos que foram muito importantes dessa jornada.

À Tia Cida pelos grandes conselhos e auxílios na reta final do doutorado.

À Embrapa Florestas por disponibilizar recursos à realização deste estudo e à CAPES pelo suporte financeiro concedido a esta pesquisa.

*“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo”*

Martin Luther King



## RESUMO

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze é uma espécie endêmica da Floresta Ombrófila Mista, sendo de grande importância econômica e ambiental. Os objetivos do presente estudo foram avaliar diferentes técnicas de resgate vegetativo para a indução de brotações epicórmicas ortotrópicas; avaliar diferentes técnicas de borbulhia e caracterizar a qualidade da soldadura dos enxertos; além de verificar as diferenças no crescimento e indução do florescimento precoce em plantas jovens de *A. angustifolia* com aplicação de reguladores vegetais. Para o experimento de resgate vegetativo, árvores jovens foram submetidas a decepta, anelamento total e anelamento parcial do caule. A decepta produziu a maior quantidade de brotações (média de 28 brotos/planta) e de maior tamanho, com baixa porcentagem de sobrevivência das plantas (36%) após um ano. O anelamento parcial apresentou manutenção da sobrevivência das plantas (100%), com 60% de plantas emitindo brotação, porém, com média de 4 brotos/planta. A maioria das brotações emitidas eram de crescimento ortotrópico. A decepta é o método mais eficiente tecnicamente. Quando há necessidade de manutenção da planta matriz ou por conta de restrições legais pode-se recomendar a técnica de anelamento parcial. Para o experimento de enxertia, em outubro/2013 e abril/2014, foram realizadas borbulhia de placa e de flauta em porta-enxertos mantidos “indoor” (casa de vegetação) e estabelecidos “outdoor” (campo). A borbulhia de placa efetuada em outubro/2013 apresentou maior sobrevivência dos enxertos (82%) e maior percentual de enxertos com brotação (64%). O local de estabelecimento dos porta-enxertos não influenciou no sucesso da enxertia, sendo que a técnica mais promissora é a borbulhia de placa realizada em outubro. O terceiro capítulo consistiu na caracterização da qualidade da soldadura dos enxertos relacionando-as com a porcentagem de sobrevivência. Foram analisados enxertos de borbulhia de placa e de flauta. Aos 60 dias após a enxertia (DAE) foram realizadas observações visuais (a vista desarmada) da região de união dos enxertos classificando-os em quatro classes de notas de acordo com a soldadura. Após 160 DAE, foram realizados cortes transversais de cada classe, avaliados visual e anatomicamente. Aos 180 DAE a porcentagem de sobrevivência foi de 48% para borbulhia de flauta e 41% para borbulhia de placa. Visualmente, houve diferença na qualidade de soldadura, no entanto, anatomicamente, todas as classes apresentaram conexão vascular, o que parece permitir o sucesso da enxertia. Para o experimento de influência do uso de reguladores vegetais se utilizou quatro concentrações de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) 0, 150, 300 e 450 mg L<sup>-1</sup> e paclobutrazol (PBZ) 0, 0,25, 0,5 e 1,0 g i.a., com uma ou três aplicações. Não houve efeito dos tratamentos sobre a sobrevivência, alterações morfológicas e indução do florescimento precoce. A aplicação de GA<sub>3</sub> não apresentou efeito no crescimento vegetativo. Já plantas tratadas com 0,25 g i.a. PBZ apresentaram o menor crescimento em altura. Concluiu-se que a aplicação de GA<sub>3</sub> e 0,25 g i.a. PBZ reduzem o crescimento em altura de *A. angustifolia*, fornecendo resultados preliminares importantes para a utilização de regulador vegetal nessa espécie arbórea.

**Palavras-chave:** pinheiro-do-Paraná, borbulhia, brotações epicórmicas, ortotropismo, reguladores vegetais

## ABSTRACT

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze is an endemic species of the Mixed Ombrophilous Forest, being of great economic and environmental importance. The objectives of the present work were to evaluate different vegetative rescue techniques for the induction of orthotropic epicormic shoots; evaluate different budding techniques and characterize the welding quality of the grafts; besides to verify the differences in the growth and induction of the early flowering in young plants of *A. angustifolia* with the application of plant regulators. For the vegetative rescue experiment, young trees were submitted to coppicing, total and partial stem girdling. The coppicing produced the largest amount of shoots (average of 28 shoots/plant) and these presented larger size, with low percentage of survival of the plants (36%) after one year. The partial girdling had 100 % survival rate, with 60 % of trees with shoots, however, with an average of 4 shoots /plant. Most of the shoots were of orthotropic growth. Coppicing is the most technically efficient method. And when there is a need for maintenance of the parent plant or due to legal restrictions, the partial stem girdling technique can be recommended. For the grafting experiment, in October/2013 and April/2014, patch and flute budding were realized out on rootstocks kept "indoor" (greenhouse) and established "outdoor" (field). The patch budding performed in October/2013 had a higher graft survival (82%) and a higher percentage of grafts with budding (64%). The place of establishment of rootstocks did not influence the success of the grafting, and the most promising technique is the patch budding performed in October. The third chapter consists in characterizing the welding quality of the grafts related to their survival percentage. The grafts of patch and flute budding were analyzed. At 60 days after grafting (DAG) visual observation of the grafts union area were performed, classifying them into four classes according to the welding quality and scion survival rate. After 160 DAG, cross sections of each class were evaluated, visually and anatomically. At 180 DAG the survival percentage was 48% for flute budding and 41% for patch budding. Visually, there was a difference in the quality of welding, however, anatomically, all the classes presented vascular connection, what seems to allow the success of the grafting. The experiment of the influence of plant regulators used four concentrations of gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) 0, 150, 300 and 450 mg L<sup>-1</sup> and paclobutrazol (PBZ) 0, 0.25, 0.5 and 1.0 g i.a., with one or three applications. There was no effect of treatments on survival, morphological changes and flowering induction. The application of GA<sub>3</sub> did not influence the vegetative growth. Plants treated with 0.25 g i.a. PBZ showed the lowest plants growth in height. It was concluded that the application of GA<sub>3</sub> and 0.25 g i.a. PBZ reduce height growth of *A. angustifolia*, providing important preliminary results for the use of plant regulator in this tree species.

**Key words:** Parana-pine, budding, welding, epicormic shoots, orthotropism, plant growth regulators

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - TÉCNICAS DE RESGATE VEGETATIVO EM PLANTAS JOVENS DE <i>A. angustifolia</i> : DECEPA (A), ANELAMENTO TOTAL (B) E ANELAMENTO PARCIAL (C). FOTOS: A AUTORA.....	44
FIGURA 1.2 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA A PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE PLANTAS DE <i>A. angustifolia</i> SUBMETIDAS AS TÉCNICAS DE ANELAMENTO PARCIAL (A), ANELAMENTO TOTAL (B) E DECEPA (C) .....	47
FIGURA 1.3 - AUSÊNCIA DE CICATRIZAÇÃO EM ANELAMENTO PARCIAL (A) E TOTAL (B) EM PLANTAS JOVENS DE <i>A. angustifolia</i> . CURVATURA DOS ÁPICES E MORTE DAS BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE DECEPA (C). BROTAÇÕES EPICÓRMICAS: ANELAMENTO PARCIAL (D), TOTAL (E) E DECEPA (F). PLANTA COM CLOROSE (SETA VERMELHA) E MORTE DE PLANTA (SETA AMARELA) SUBMETIDA A ANELAMENTO TOTAL (G). FOTOS: A AUTORA.....	49
FIGURA 1.4 – EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA A PORCENTAGEM DE PLANTAS DE <i>A. angustifolia</i> COM BROTAÇÃO SUBMETIDAS AS TÉCNICAS DE ANELAMENTO PARCIAL (A), ANELAMENTO TOTAL (B) E DECEPA (C) .....	52
FIGURA 1.5 – EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA O NÚMERO DE BROTOS POR PLANTA DE <i>A. angustifolia</i> , SUBMETIDAS AS TÉCNICAS DE ANELAMENTO PARCIAL (A), ANELAMENTO TOTAL (B) E DECEPA (C).....	55
FIGURA 1.6 – VALORES MÉDIOS BROTAÇÕES EPICÓRMICAS POR CLASSES DE TAMANHO (CM) EMITIDAS EM ÁRVORES DE <i>A. angustifolia</i> SUBMETIDAS ÀS TÉCNICAS DE ANELAMENTO PARCIAL (A), ANELAMENTO TOTAL (B) E DECEPA (C) REALIZADAS EM NOVEMBRO/2013, AVALIADAS POR 14 MESES.....	58

FIGURA 2.1 - MÉTODOS DE BORBULHIA EM *A. angustifolia*. DETALHES DA VISTA FRONTAL E DO VERSO DA BORBULHA DE PLACA (A) E DE FLAUTA (B); REGIÃO DE ENCAIXE DO ENXERTO NO PORTA-ENXERTO NA BORBULHIA DE PLACA (C) E DE FLAUTA (D); FIXAÇÃO COM FITILHO PLÁSTICO (E); AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DA BORBULHIA DE PLACA (F) E DE FLAUTA (G); BROTAÇÃO EM ENXERTO REALIZADO POR BORBULHIA DE PLACA (H) E DE FLAUTA (I). ESCALA = 2 CM. FOTOS: A AUTORA ..... 68

FIGURA 3.1 – BORBULHA DE PLACA (A), JANELA DO PORTA-ENXERTO PARA BORBULHIA DE PLACA (B) E UNIÃO DO ENXERTO DE BORBULHIA DE PLACA (C) APÓS 60 DAE. BORBULHA DE FLAUTA (D), JANELA DO PORTA-ENXERTO PARA BORBULHIA DE FLAUTA (E), UNIÃO DO ENXERTO DE BORBULHIA DE FLAUTA (F) APÓS 60 DAE. BARRA = 2 CM. FOTOS: A AUTORA..... 88

FIGURA 3.2 – PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE ENXERTOS NAS QUATRO CLASSES DE NOTAS PARA A UNIÃO DA BORBULHIA DE FLAUTA (A) E DE PLACA (B), AVALIADOS POR 270 DIAS APÓS A ENXERTIA (DAE) ..... 93

FIGURA 3.3 – ANÁLISE VISUAL E ANATÔMICA DOS CORTES TRANSVERSAIS DE BORBULHIA EM *A. angustifolia*. BORBULHIA DE FLAUTA: PORTA-ENXERTO (A, B, C) E ENXERTO (D, E, F); BORBULHIA DE PLACA: PORTA-ENXERTO (G, H, I) E ENXERTO (J, K, L). AMOSTRAS COLETADAS NO DIA DA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO. SETAS BRANCAS INDICAM A UNIÃO ENTRE AS DUAS EXTREMIDADES VERTICAIS DO ENXERTO. RETÂNGULOS PONTILHADOS EM VERMELHO INDICAM O DETALHE DO CORTE ANATÔMICO. SETAS AMARELAS INDICAM O CAMBIO VASCULAR. SETAS PRETAS INDICAM O FLOEMA

SECUNDÁRIO. SETAS VERMELHAS INDICAM AS FIBRAS DO FLOEMA SECUNDÁRIO..... 95

FIGURA 3.4 - ANÁLISE VISUAL E ANATÔMICA DOS CORTES TRANSVERSAIS DE BORBULHIA DE FLAUTA EM *A. angustifolia*. CLASSES DE NOTAS DA UNIÃO DE ENXERTO E PORTA-ENXERTO: CLASSE 1 (A, B), CLASSE 2 (C, D), CLASSE 3 (E, F) E CLASSE 4 (G, H) AOS 160 DAE. EM IMAGENS VISUAIS: \* INDICA O ENXERTO, CÍRCULO DELIMITA A REGIÃO DO PORTA-ENXERTO, SETAS PRETAS INDICAM A UNIÃO ENTRE AS DUAS EXTREMIDADES VERTICAIS DO ENXERTO, SETAS VERMELHAS INDICAM A AUSÊNCIA DE UNIÃO ENTRE AS DUAS EXTREMIDADES DO ENXERTO. BARRA: VISUAL = 0,5 CM; ANATÔMICA = 1000 $\mu$ M ..... 97

FIGURA 3.5 - ANÁLISE VISUAL E ANATÔMICA DOS CORTES TRANSVERSAIS DE BORBULHIA DE PLACA EM *A. angustifolia*. CLASSES DE NOTAS DA UNIÃO DE ENXERTO E PORTA-ENXERTO: CLASSE 1 (A, B), CLASSE 2 (C, D), CLASSE 3 (E, F) E CLASSE 4 (G, H) AOS 160 DAE. \* INDICA A REGIÃO DO ENXERTO. SETAS VERMELHAS INDICAM A REGIÃO DE UNIÃO. BARRA: VISUAL = 0,5 CM; ANATÔMICA = 1000  $\mu$ M..... 98

FIGURA 3. 6 - DETALHE DA UNIÃO DE ENXERTO E PORTA-ENXERTO DE *A. angustifolia* UTILIZANDO BORBULHIA DE FLAUTA. A. REGIÃO DE UNIÃO DO ENXERTO, INDICADO PELAS SETAS VERMELHAS, COM A FORMAÇÃO DE TECIDO PARENQUIMÁTICO DE CICATRIZAÇÃO. B. DETALHE DO REESTABELECIMENTO DO SISTEMA DE CONDUÇÃO VASCULAR. C. PARADA DE CRESCIMENTO DO XILEMA SECUNDÁRIO IDENTIFICADO PELO ASTERISCO (\*). LEGENDA: FI = FLOEMA SECUNDÁRIO; Xi PE = XILEMA SECUNDÁRIO DO PORTA-ENXERTO; \* PARADA DE CRESCIMENTO DO XILEMA SECUNDÁRIO; SETA VERMELHA = REGIÃO DE UNIÃO; SETA AMARELA = TECIDO

PARENQUIMÁTICO DE CICATRIZAÇÃO. BARRAS: A, B = 500 $\mu$ M; C = 200 $\mu$ M. ....	101
FIGURA 3. 7 - DETALHE DA UNIÃO DE ENXERTO E PORTA-ENXERTO DE <i>A. angustifolia</i> UTILIZANDO BORBULHIA DE PLACA. A. REGIÃO DE UNIÃO DO ENXERTO, INDICADO PELAS SETAS VERMELHAS. B. DETALHE DA UNIÃO DO ENXERTO COM A FORMAÇÃO DE TECIDO PARENQUIMÁTICO DE CICATRIZAÇÃO. C. PARADA DE CRESCIMENTO DO XILEMA SECUNDÁRIO IDENTIFICADO PELO SETA AMARELA. LEGENDA: FI = FLOEMA SECUNDÁRIO; Xi = XILEMA SECUNDÁRIO; *; SETA VERMELHA = REGIÃO DE UNIÃO COM TECIDO PARENQUIMÁTICO DE CICATRIZAÇÃO; SETA AMARELA = PARADA DE CRESCIMENTO DO XILEMA SECUNDÁRIO. ....	102
FIGURA 4. 1 - METODOLOGIA DO EXPERIMENTO: A - ÁREA DE PLANTIO DE MUDAS DE <i>A. angustifolia</i> ; B - PLANTA DE <i>A. angustifolia</i> ANTES DE RECEBER A APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS; C – APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO (GA <sub>3</sub> ) POR MEIO DE PULVERIZAÇÃO FOLIAR; D – APLICAÇÃO DE PACLOBUTRAZOL (PBZ) VIA SOLO. COLOMBO – PR. FOTOS: A AUTORA.....	114
FIGURA 4. 2 - ESQUEMA DOS TRATAMENTOS DE PACLOBUTRAZOL (PBZ) E ÁCIDO GIBERÉLICO (GA <sub>3</sub> ) APLICADOS EM <i>A. angustifolia</i> , COLOMBO – PR. A LETRA P REFERERE-SE AOS TRATAMENTOS COM PBZ E A LETRA G REFERE-SE AOS TRATAMENTOS COM GA <sub>3</sub> .....	115
FIGURA 4.3 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA A PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE PLANTAS DE <i>A. angustifolia</i> COM APLICAÇÃO DE GA <sub>3</sub> (A) E COM APLICAÇÃO DE PBZ (B) .....	118
FIGURA 4. 4 – CARACTERIZAÇÃO GERAL DO EXPERIMENTO COM PLANTAS DE <i>A. angustifolia</i> : A – PLANTA COM DESENVOLVIMENTO	

SATISFATÓRIO; B – PLANTA COM INÍCIO DE SINTOMA DE CLOROSE; C – PLANTA MORTA, VERIFICANDO-SE O SISTEMA RADICULAR POUCO DESENVOLVIDO. FOTOS: A AUTORA ..... 119

FIGURA 4.5 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA A ALTURA DE PLANTAS DE *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE GA<sub>3</sub>: TESTEMUNHA (A), 150 mg L<sup>-1</sup> (B), 300 mg L<sup>-1</sup> (C) E 450 mg L<sup>-1</sup> (D) ..... 122

FIGURA 4.6 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA O DIÂMETRO DE PLANTAS DE *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE GA<sub>3</sub>: TESTEMUNHA (A), 150 mg L<sup>-1</sup> (B), 300 mg L<sup>-1</sup> (C) E 450 mg L<sup>-1</sup> (D) ..... 123

FIGURA 4.7 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA A ALTURA DE PLANTAS DE *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE PBZ: TESTEMUNHA (A), 0,25 g i. a. (B), 0,5 g i. a. (C) E 1,0 g i. a. (D) 127

FIGURA 4.8 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA O DIÂMETRO DE PLANTAS DE *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE PBZ: TESTEMUNHA (A), 0,25 g i. a. (B), 0,5 g i. a. (C) E 1,0 g i. a. (D) 128

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 - PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE ÁRVORES DE <i>A. angustifolia</i> SUBMETIDAS ÀS TÉCNICAS DE RESGATE VEGETATIVO: ANELAMENTO PARCIAL, ANELAMENTO TOTAL E DECEPA, REALIZADAS EM NOVEMBRO/2013, AVALIADAS POR 13 MESES.....	46
TABELA 1.2 - PORCENTAGEM DE PLANTAS DE <i>A. angustifolia</i> SUBMETIDAS ÀS TÉCNICAS DE RESGATE VEGETATIVO COM BROTAÇÕES EPICÓRMICAS: ANELAMENTO PARCIAL, ANELAMENTO TOTAL E DECEPA, REALIZADAS EM NOVEMBRO/2013, AVALIADAS POR 13 MESES.....	51
TABELA 1.3 – NÚMERO DE BROTAÇÕES EPICORMICAS POR PLANTA DE <i>A. angustifolia</i> SUBMETIDAS ÀS TÉCNICAS DE RESGATE VEGETATIVO: ANELAMENTO PARCIAL, ANELAMENTO TOTAL E DECEPA, REALIZADAS EM NOVEMBRO/2013, AVALIADAS POR 13 MESES.....	54
TABELA 1.4 - BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE CRESCIMENTO ORTOTRÓPICO (MAIORES QUE 17 CM) COLETADAS DE PLANTAS DE <i>A. angustifolia</i> SUBMETIDAS AS TÉCNICAS DE RESGATE VEGETATIVO: ANELAMENTO PARCIAL, ANELAMENTO TOTAL E DECEPA PARA PROPAGAÇÃO VIA ESTAQUIA, EM JUNHO/2014. ....	59
TABELA 2. 1 - PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE ENXERTOS DE <i>A. angustifolia</i> PARA ÉPOCA DE REALIZAÇÃO DE ENXERTIA (OUTUBRO/2013 E ABRIL/2014) E PARA A TÉCNICA UTILIZADA (BORBULHIA DE PLACA E DE FLAUTA) AOS 60 DAE.....	70
TABELA 2.2 - PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE ENXERTOS DE <i>A. angustifolia</i> EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE REALIZAÇÃO DE ENXERTIA (OUTUBRO/2013 E ABRIL/2014) E TÉCNICA	



UTILIZADA (BORBULHIA DE PLACA E DE FLAUTA) AOS 90, 120, 150 E 180 DAE.....	70
TABELA 2.3 - PORCENTAGEM DE ENXERTOS COM BROTAÇÃO EM <i>A. angustifolia</i> AOS 90, 120, 150 E 180 DAE.....	74
TABELA 2.4 - NÚMERO DE BROTAÇÕES POR ENXERTO DE <i>A. angustifolia</i> EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE REALIZAÇÃO DE ENXERTIA (OUTUBRO/2013 E ABRIL/2014) E LOCAL DE ESTABELECIMENTO DOS PORTA-ENXERTOS (“INDOOR” E “OUTDOOR”) AOS 90 E 150 DAE. ....	75
TABELA 2. 5 - NÚMERO DE BROTAÇÕES POR ENXERTO DE <i>A. angustifolia</i> PARA A ÉPOCA DE REALIZAÇÃO DE ENXERTIA (OUTUBRO/2013 E ABRIL/2014), TÉCNICA UTILIZADA (BORBULHIA DE PLACA E DE FLAUTA) E LOCAL DE ESTABELECIMENTO DOS PORTA-ENXERTOS (“INDOOR” E “OUTDOOR”) AOS 120 DAE. ....	76
TABELA 2. 6 - NÚMERO DE BROTAÇÕES POR ENXERTO DE <i>A. angustifolia</i> PARA A ÉPOCA DE REALIZAÇÃO DE ENXERTIA (OUTUBRO/2013 E ABRIL/2014) E TÉCNICA UTILIZADA (BORBULHIA DE PLACA E DE FLAUTA) AOS 180 DAE.....	76
TABELA 3.1 - PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE ENXERTOS DE <i>A. angustifolia</i> PELAS TÉCNICAS DE BORBULHIA DE FLAUTA E DE PLACA E EM DOIS LOCAIS DE ESTABELECIMENTOS DOS PORTA-ENXERTOS (CASA DE VEGETAÇÃO E CAMPO) .....	91
TABELA 4.1 - PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE PLANTAS <i>A. angustifolia</i> COM APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO (GA <sub>3</sub> ). .	117
TABELA 4.2 - PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE PLANTAS <i>A. angustifolia</i> COM APLICAÇÃO DE PACLOBUTRAZOL (PBZ).....	117
TABELA 4.3 - ALTURA (cm) DE PLANTAS <i>A. angustifolia</i> COM APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO (GA <sub>3</sub> ). ....	121
TABELA 4.4 - DIÂMETRO (MM) DE PLANTAS <i>A. angustifolia</i> COM APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO (GA <sub>3</sub> ). ....	121

TABELA 4.5 - ALTURA (CM) DE PLANTAS <i>A. angustifolia</i> COM APLICAÇÃO DE PACLOBUTRAZOL (PBZ).....	126
TABELA 4.6 - DIÂMETRO (MM) DE PLANTAS <i>A. angustifolia</i> COM APLICAÇÃO DE PACLOBUTRAZOL (PBZ).....	126

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1.1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA A PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA, PORCENTAGEM DE PLANTAS COM BROTAÇÕES EPICÓRMICAS, NÚMERO DE BROTOS EMITIDOS POR PLANTA EM <i>A. angustifolia</i> SUBMETIDAS A TÉCNICAS DE RESGATE VEGETATIVO. ....	146
APÊNDICE 2.1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA A PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE ENXERTOS DE <i>A. angustifolia</i> , AVALIADOS MENSALMENTE ATÉ 180 DIAS APÓS A ENXERTIA (DAE).....	147
APÊNDICE 2.2 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA A PORCENTAGEM DE ENXERTOS DE <i>A. angustifolia</i> COM BROTAÇÃO, AVALIADOS MENSALMENTE ATÉ 180 DIAS APÓS A ENXERTIA (DAE).....	148
APÊNDICE 2.3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA O NÚMERO DE BROTAÇÕES POR ENXERTO DE <i>A. angustifolia</i> , AVALIADOS MENSALMENTE ATÉ 180 DIAS APÓS A ENXERTIA (DAE).....	149
APÊNDICE 3.1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) DA PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DOS ENXERTOS DE <i>A. angustifolia</i> PELAS TÉCNICAS DE ENXERTIA (BORBULHIA DE FLAUTA E PLACA) E EM DIFERENTES LOCAIS DE ESTABELECIMENTO DOS PORTA-ENXERTOS (CAMPO E CASA DE VEGETAÇÃO), AVALIADA MENSALMENTE ATÉ OS 270 DIAS APÓS A ENXERTIA (DAE).....	150
APÊNDICE 4. 1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA A PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE PLANTAS <i>A. angustifolia</i> COM APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO (GA <sub>3</sub> ) E PACLOBUTRAZOL (PBZ).....	151

APENDICE 4.2 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA A ALTURA (CM) E DIÂMETRO (MM) EM PLANTAS <i>A. angustifolia</i> COM APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO (GA <sub>3</sub> ).....	152
APENDICE 4.3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA A ALTURA (CM) E DIÂMETRO (MM) EM PLANTAS <i>A. angustifolia</i> COM APLICAÇÃO DE PACLOBUTRAZOL (PBZ). ....	153

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>22</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>25</b>
2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE .....	25
2.2 ENXERTIA .....	28
2.3 ANATOMIA DE ENXERTOS .....	30
2.4 BROTAÇÕES EPICÓRMICAS.....	32
2.5 INDUÇÃO DO FLORESCIMENTO.....	34
<b>3 CAPÍTULO I: INDUÇÃO DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS EM ÁRVORES</b>	
<b>JOVENS DE <i>Araucaria angustifolia</i> .....</b>	<b>39</b>
RESUMO .....	39
ABSTRACT .....	40
3.1 INTRODUÇÃO .....	41
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
3.4 CONCLUSÕES .....	59
REFERÊNCIAS.....	60
<b>4 CAPÍTULO II: MÉTODOS DE BORBULHIA EM <i>Araucaria angustifolia</i> COM</b>	
<b>PORTA-ENXERTOS ESTABELECIDOS “INDOOR” E “OUTDOOR” .....</b>	<b>63</b>
RESUMO .....	63
ABSTRACT .....	64
4.1 INTRODUÇÃO .....	65
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	67
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
4.4 CONCLUSÕES .....	78
REFERÊNCIAS.....	79
<b>5 CAPÍTULO III: ANÁLISE VISUAL E ANATÔMICA DA QUALIDADE DA</b>	
<b>SOLDADURA           X           SOBREVIVÊNCIA           DE           ENXERTOS</b>	
<b>DE <i>Araucaria angustifolia</i>.....</b>	<b>83</b>
RESUMO .....	83

ABSTRACT .....	84
5.1 INTRODUÇÃO .....	85
5.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	87
5.2.1 Processo de enxertia.....	87
5.2.2 Estudo anatômico.....	89
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	90
5.4 CONCLUSÕES .....	104
REFERÊNCIAS.....	105
<b>6 CAPÍTULO IV: INFLUÊNCIA DO USO DE ÁCIDO GIBERÉLICO E PACLOBUTRAZOL NO CRESCIMENTO E FLORESCIMENTO PRECOCE DE <i>Araucaria angustifolia</i>.....</b>	<b>109</b>
RESUMO .....	109
ABSTRACT .....	110
6.1 INTRODUÇÃO .....	111
6.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	112
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	116
6.4 CONCLUSÕES .....	131
REFERÊNCIAS.....	132
<b>7 CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>135</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>137</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>145</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), também conhecida como araucária, pinheiro-brasileiro e pinheiro-do-Paraná, é uma espécie endêmica da Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucária), com distribuição concentrada nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande de Sul (CARVALHO, 2003). Atualmente encontra-se inserida na lista de espécies ameaçadas de extinção (BRASIL, 2008; IUCN, 2013), devido a exploração da sua madeira e expansão agrícola, restando atualmente cerca de 10% da Mata de Araucária (IBAMA, 2014).

Suas árvores possuem crescimento lento, demorando em média, de 12 a 15 anos de idade para produzirem sementes, dificultando assim os programas de melhoramento genético e preservação (CARVALHO, 2003). Além da preservação, é importante ressaltar que *A. angustifolia* é uma espécie altamente potencial para ser usada na silvicultura brasileira, pois apresenta dupla aptidão: produção de madeira e uso na alimentação humana pelo consumo de suas sementes, denominadas pinhões (WENDLING, 2010).

A propagação da *A. angustifolia* ocorre, principalmente pela via seminal, porém as sementes possuem curta longevidade natural, com perda de viabilidade de seis meses a um ano após a coleta (AQUILA; FERREIRA, 1984). Um fator limitante para a propagação vegetativa da espécie é devido ao hábito de crescimento de seus ramos. A copa das Araucariaceas possui um número reduzido de broto ortotrópico, que compreende o tronco central apical, sendo a maioria formada por brotações de crescimento plagiotrópicos, nos ramos de primeira a quinta ordem (NIKLES, 1964).

Algumas pesquisas já demonstraram o progresso e a viabilidade da utilização da propagação por enxertia em *A. angustifolia* (WENDLING, 2011; 2015; ZANETTE *et al.*, 2011; WENDLING *et al.*, 2016). Entretanto, ainda ocorrem dificuldades como a utilização de material adulto, visando a produtividade precoce e dificuldade de obtenção de propágulos com hábito de crescimento ortotrópico (WENDLING, 2011). Com desenvolvimento de mais pesquisas nessa área é possível fomentar o cultivo da araucária na forma de pomares, com

plantios manejados para produção de pinhões como fonte de renda (DANNER *et al.*, 2012).

O sucesso da técnica de enxertia é devido a união entre enxerto e porta-enxerto, a qual depende de fatores anatômicos, fisiológicos e genéticos (HARTMANN *et al.*, 2011). Um processo chave para o desenvolvimento do enxerto é o crescimento de tecido de cicatrização e formação de um novo sistema vascular na região de união entre as partes enxertadas (ESTRADA-LUNA *et al.*, 2002).

Para o resgate de *A. angustifolia* por meio de enxertia e estaquia, o tipo de propágulo que mais se adequa é aquele de hábito ortotrópico (WENDLING *et al.*, 2009). Porém, devido ao número reduzido desse tipo de propágulo são necessários estudos de métodos de resgate vegetativo, como decepa e anelamento de plantas, que tornem eficientes a emissão de brotos ortotrópicos para serem utilizados na propagação vegetativa, visando a produção de mudas.

Em programas de melhoramento de espécies florestais, o longo período de juvenilidade representa um impedimento para a seleção de árvores, uma vez que a rapidez na mudança para a fase reprodutiva aumenta a velocidade da incorporação de características desejadas. Com o uso de técnicas de enxertia e indução de florescimento precoce torna-se mais ágil a demonstração da estabilidade da herança genética em pesquisas (AURAS, 2001) como também para a exploração de sementes (WENDLING *et al.*, 2009; ZANETTE *et al.*, 2011).

Dentre as estratégias dos programas de melhoramento genético de espécies florestais, a formação de um pomar de polinização é de grande importância. Por meio de processos de indução floral ocorre um maior controle dos progenitores, menor risco de contaminação, recombinação entre genótipos com características de interesse e maior controle das matrizes. Com isso, o pomar fornece sementes com alto valor genético, com diminuição do tempo para passagem de uma geração de melhoramento para a outra, auxiliando na obtenção de clones superiores (SILVA *et al.*, 2012).

Com exceção dos gêneros *Eucalyptus* L'Hér. e *Pinus* L., são escassos os pomares de polinização controlada de espécies florestais, principalmente nativas, devido ao pouco conhecimento a respeito da indução de florescimento



para essas espécies. Ocorrem diversas dificuldades no controle dos processos de polinização, exigindo uma grande área para plantio e, acima de tudo, são necessários muitos anos para que essas plantas atinjam maturidade reprodutiva por meio de técnicas clássicas (SILVA *et al.*, 2012).

Sabe-se que a transição da fase vegetativa para a reprodutiva resulta da interação com fatores endógenos, principalmente hormonais, com fatores ambientais (temperatura, fotoperíodo) (TAIZ; ZEIGER, 2009). Diante disso, o uso de reguladores vegetais em espécies com longo período de juvenilidade pode reduzir o tempo em que se mantém nessa fase, onde estudos demonstram que o uso de giberelina e paclobutrazol podem tanto induzir quanto inibir o florescimento precoce de diversas espécies (WILLIAMS *et al.*, 2003; DUARTE FILHO *et al.*, 2004; MOUCO; ALBUQUERQUE, 2005; MIELKE *et al.*, 2008).

Diante da problemática do lento crescimento vegetativo, hábito de crescimento dos ramos (plagiotrópicos e ortotrópico) e longo período para atingir o estágio reprodutivo da *A. angustifolia*, o presente trabalho teve como objetivo aprimorar técnicas de propagação e de aplicação de reguladores vegetais a fim de estudar melhor o desenvolvimento de plantas de *A. angustifolia*, com o intuito de seleção de plantas e aceleração do processo reprodutivo.

O primeiro capítulo aborda sobre as técnicas de resgate vegetativo para a indução de brotações epicórmicas ortotrópicas. Na sequência são apresentados os dados para as técnicas de borbúlia com o objetivo de aprimorar as técnicas, compondo o segundo capítulo. O terceiro capítulo aborda sobre uma classificação da qualidade da soldadura com o objetivo de relacionar esse fator com a porcentagem de sobrevivência dos enxertos. O último capítulo relata o efeito do uso de diferentes concentrações dos reguladores vegetais ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) e paclobutrazol (PBZ) nas modificações no crescimento e promoção do florescimento precoce durante a sua fase juvenil de *A. angustifolia*.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, espécie pertencente à família Araucariaceae, conhecida popularmente como pinheiro-brasileiro, pinheiro-do-Paraná ou araucária, é a única espécie do gênero a ocorrer naturalmente no Brasil. A espécie é característica e exclusiva da Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária), sendo também encontrada nas áreas de tensão ecológica, com a Floresta Estacional Semidecidual e com a Floresta Ombrófila Densa (CARVALHO, 2003). A Floresta Ombrófila Mista é considerada de grande importância para a biodiversidade neotropical e um dos biomas mais ameaçados do mundo (ZANETTE *et al.*, 2011).

Originalmente, *A. angustifolia* apresentava ampla distribuição nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande de Sul, em manchas esparsas nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro e em pequenas manchas no extremo nordeste da Argentina e no leste do Paraguai (CARVALHO, 2003). Atualmente, encontra-se em áreas reduzidas, restando cerca de 10 % de florestas fortemente manejadas e 1 a 2 % das áreas originais cobertas pela Floresta de Araucária, sendo que no Paraná não existem mais florestas primárias ou intocadas (CASTELLA; BRITEZ, 2004). Sua fragmentação deve-se a expansão agrícola, exploração da madeira, extração de produtos secundários e construção de rodovias e barragens, o que ocasionou a redução drástica da área original e grande ameaça de extinção da espécie (IBAMA, 2014).

A excelente qualidade e ampla utilização da madeira da *A. angustifolia* estimularam seu extrativismo desenfreado, tornando-a uma das espécies nativas mais exploradas no Brasil. Por isso, a partir de 2001 a legislação brasileira impede a exploração madeireira de araucárias nativas (CONAMA, 2001). Devido a extensa exploração por anos, atualmente encontra-se inserida na lista oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção (BRASIL, 2008; IUCN, 2013).

Na região sul do Brasil, *A. angustifolia*, juntamente com a erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil), foi uma espécie florestal de grande importância,

sustentando a economia durante os anos de 1915 a 1960. Na época sua madeira era um dos principais produtos de exportação, comercializada sob a forma serrada e laminada (WENDLING, 2010), devido as suas características morfológicas como: caule de formato retilíneo, colunar e quase cilíndrico, fuste de até 20 m ou mais de comprimento, alcançando de 10 a 35 m de altura e 50 a 120 cm de diâmetro (CARVALHO, 2003).

A madeira da *A. angustifolia* apresenta boas características físicas e mecânicas, sendo indicada para construções em geral, caixotaria, móveis, laminados e vários outros usos (MAINIERI; CHIMELO, 1989). Além do potencial madeireiro, também possui importantes utilizações, tais como extração de celulose (produz celulose de fibra longa que garante papel de excelente qualidade), artesanato (nó da madeira), uso medicinal, alimentação humana e animal (CARVALHO, 2003). Nos estados onde há ocorrência natural da espécie também possui importância econômica pelo consumo de suas sementes, denominadas pinhões, as quais são comercializadas para geração de renda (DANNER *et al.*, 2012).

O pinhão é um alimento culturalmente importante na região sul do Brasil (CORDENUNSI *et al.*, 2004), muito nutritivo, energético e fortificante para a alimentação, rico em carboidratos, principalmente amido, proteínas, fibras, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas (FRANCO, 2008). Pode ser consumido cru, cozido ou assado e, quando seco ao calor e reduzido a pó, produz fécula branca e delicada, nutritiva e de fácil conservação (CARVALHO, 2003). O amido extraído do pinhão pode ser utilizado na tecnologia de alimentos (STAHL *et al.*, 2007).

A propagação da espécie ocorre geralmente via sexuada, entretanto, suas sementes são recalcitrantes, perdendo a viabilidade seis meses a um ano após a maturação (CARVALHO, 2003). Isso gera uma limitação aos programas de reflorestamento, por exigir sementes de boa qualidade fisiológica e genética (FOWLER, 2008). Além disso, *A. angustifolia* apresenta ciclos de produção, com anos de contra-safra após 2 ou 3 anos consecutivos de alta produção de sementes (CARVALHO, 2003).

Por ter crescimento inicial lento, *A. angustifolia*, que é uma espécie dioica, só atinge a fase reprodutiva normalmente após 12 a 15 anos de idade (BANDEL; GURGEL, 1967; CARVALHO, 2003). Devido a essas características, observam-se dificuldades no melhoramento genético da espécie quando se considera a reprodução controlada (SHIMIZU; OLIVEIRA, 1981).

Com isso, faz-se necessária a utilização de técnicas para a redução do tempo que a espécie possui para atingir a fase reprodutiva. É de conhecimento de que a técnica mais comumente utilizada para a produção precoce de sementes é a enxertia (HARTMANN *et al.*, 2011) já havendo comprovação de florescimento precoce em plantas enxertadas de *A. angustifolia* (WENDLING, 2011, 2015).

A principal limitação da maioria dos métodos de propagação vegetativa deve-se ao hábito de crescimento dos ramos de *A. angustifolia* (WENDLING *et al.*, 2009). A espécie produz naturalmente apenas um broto ortotrópico, o qual apresenta crescimento verticalizado, sendo que a maioria das brotações possui hábito de crescimento plagiotrópicos, com crescimento na horizontal, similar a um ramo lateral (NIKLES, 1964; ZOBEL; TALBERT, 1984). Em Araucariaceas, a gema terminal e as gemas dormentes ao longo do tronco são os únicos meristemas normalmente capazes de produzir ramos com crescimento ortotrópico (NIKLES, 1964). O referido autor também cita que a copa das Araucariaceas compreende um tronco central apical, com um ramo de crescimento ortotrópico e ramos da primeira à quinta ordem, terminados por ramos de crescimento plagiotrópico.

Em métodos de resgate vegetativo de *A. angustifolia*, o tipo de propágulo que se adequa para a clonagem da espécie é o de hábito ortotrópico. Há a necessidade de estudos tanto no âmbito de indução de brotações ortotrópicas, por meio de técnicas de resgate vegetativo, quanto para a propagação vegetativa com intuito de produzir mudas com crescimento normal (WENDLING *et al.*, 2009).

## 2.2 ENXERTIA

*A. angustifolia* propaga-se naturalmente por meio de suas sementes, as quais começam a ser produzidas quando a planta possui de 12 a 15 anos de idade (BANDEL; GURGEL, 1967; CARVALHO, 2003) e, por se tratar de uma espécie dioica, somente após esse período tem-se a certeza se a árvore é masculina ou feminina. A produção tardia de pinhão e a indeterminação do sexo levaram muitos pesquisadores a buscar formas de propagar a espécie de forma assexuada (ANSELMINI; ZANETTE, 2008).

A enxertia tem sido um dos métodos mais utilizado na formação de pomares clonais para produção de sementes melhoradas em espécies florestais, tais como *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp., objetivando a multiplicação de fenótipos superiores, na formação de pomares de sementes e de bancos clonais. Se utilizados propágulos da parte adulta da árvore, o florescimento das plantas obtidas via enxertia ocorrerá precocemente e as copas terão seu porte reduzido, facilitando a colheita das sementes (ROCHA et al., 2002).

Algumas pesquisas apresentam a enxertia da araucária como um método viável (GURGEL; GURGEL-FILHO, 1967; KAGEYAMA; FERREIRA, 1975; IRITANI, 1997; WENDLING, 2011; ZANETTE et al., 2011; CONSTANTINO; ZANETTE, 2015; WENDLING, 2015; WENDLING et al., 2016). Um dos fatores que prejudica a utilização comercial desta técnica deve-se ao hábito de crescimento dos ramos de *A. angustifolia*. Quando enxertados propágulos de origem plagiotrópica ocorrerá um crescimento lateralizado, desviado da vertical, semelhante a um ramo lateral (ZOBEL; TALBERT, 1984; WENDLING, 2011). A utilização de brotações ortotrópicas, principalmente broto apical de árvores adultas, são de maior interesse pelo seu hábito de crescimento, formando plantas com desenvolvimento de copa normal (WENDLING et al., 2009, ZANETTE et al., 2011). Porém, há alguns obstáculos para a realização da técnica com esse tipo de brotação, como dificuldades da coleta, dificuldade de obtenção de propágulos com hábito de crescimento ortotrópico e utilização de material adulto, visando a produtividade precoce (WENDLING, 2011).

As técnicas de enxertia que até o momento proporcionaram melhores taxas de pegamento são aquelas realizadas por garfagem em fenda cheia no topo do cavalo e borbulhia de placa. Considerando a limitação quanto às brotações ortotrópicas produzidas pela *A. angustifolia*, a borbulhia demonstra ser mais promissora que a garfagem, podendo-se obter uma maior quantidade de polos meristemáticos de crescimento ortotrópico por ramo a ser propagado e adequar o diâmetro entre enxerto e porta-enxerto. Isso resulta em um maior número de enxertos realizados, além de uma maior taxa de pegamento quando comparada a garfagem em fenda cheia no topo do cavalo (WENDLING, 2011).

Com o aprimoramento da técnica de enxertia visando a precocidade reprodutiva de *A. angustifolia*, seria possível a formação de mudas produtivas em escala comercial. Isso tornaria viável a instalação de pomares para a exploração de pinhão de forma rentável (DANNER *et al.*, 2012).

Tem-se o registro da indução de florescimento precoce em plantas de *A. angustifolia* pela técnica de enxertia por garfagem em fenda cheia. Considerando que a espécie é dioica, plantas masculinas e femininas floresceram após quatro anos e 6,5 anos da realização da garfagem, respectivamente, apresentando indivíduos com porte reduzido (WENDLING, 2011, 2015). Esses estudos foram imprescindíveis para a definição e validação das metodologias com o intuito de verificar o florescimento precoce de suas plantas por meio de enxertia.

Dentre as várias aplicações da enxertia na área florestal, Hartmann *et al.* (2011) e Xavier *et al.* (2013) destacam: a perpetuação de clones que não podem ser propagados economicamente ou mantidos por outros métodos assexuados; a manutenção das características genéticas da planta que se quer multiplicar; propiciar floração e frutificação precoces; resistência a certas doenças e pragas em função do porta-enxerto; formação de pomares de produção de sementes; obtenção de formas especiais no crescimento da planta; restauração de plantas, substituindo a copa; possibilidade de fixação de híbridos; possibilidade de transformar plantas estéreis em produtivas, com a utilização de ramos ou gemas frutíferas; técnica de resgate vegetativo de genótipos selecionados, visando atender aos objetivos de clonagem, principalmente para aqueles que não possuem a capacidade de emitir brotações basais ou que não podem ser

podados drasticamente; técnica de rejuvenescimento de clones; combinação de diferentes variedade e/ou cultivares; e estudo do desenvolvimento e processo fisiológico da planta.

Especificamente para *A. angustifolia* a enxertia foi recomendada para produção de mudas com os seguintes objetivos: obtenção de plantas de porte reduzido (WENDLING, 2011, 2015), frutificação precoce (ZANETTE, 2010; ZANETTE *et al.*, 2011; WENDLING, 2011, 2015), obtenção de plantas de sexo definido e época de frutificação (precoce, intermediária e tardia) conhecida (ZANETTE, 2010; WENDLING, 2011; ZANETTE *et al.*, 2011; WENDLING, 2015; WENDLING *et al.*, 2016), instalação de bancos e pomares de sementes clonais (GURGEL; GURGEL-FILHO, 1967; KAGEYAMA; FERREIRA, 1975), produção de borbulhas ortotrópicas para uso na propagação vegetativa (CONSTANTINO; ZANETTE, 2015), resgate e clonagem de matrizes selecionadas e implantação de programas de silvicultura clonal da espécie (WENDLING *et al.*, 2009).

## 2.3 ANATOMIA DE ENXERTOS

A enxertia é uma técnica de propagação vegetativa muito utilizada há centenas de anos na agricultura. O sucesso da enxertia está relacionado com a união entre enxerto e porta-enxerto, o qual depende de fatores anatômicos, fisiológicos e genéticos (PINA; ERREA, 2005; HARTMANN *et al.*, 2011; CHEN *et al.*, 2016).

O crescimento de calo é um processo chave no desenvolvimento do enxerto uma vez que une fisicamente as partes enxertadas (ESTRADA-LUNA *et al.*, 2002), com fundamental importância para o desenvolvimento do vegetal após a enxertia (HARTMANN *et al.*, 2011). Um enxerto bem-sucedido inicia-se com uma resposta ao corte, adesão das partes enxertadas, formação do calo na região de contato entre enxerto e porta-enxerto e o desenvolvimento de um novo sistema vascular funcional (PINA; ERREA, 2005; MARTINEZ-BALLESTA *et al.*, 2010; PINA *et al.*, 2012). A formação da conexão vascular é essencial para a manutenção dos enxertos (YIN *et al.*, 2012). Assim sendo, o reestabelecimento

vascular determina a compatibilidade entre enxerto e porta-enxerto (ESTRADA-LUNA *et al.*, 2002).

Com a formação de um novo sistema vascular ocorre um fluxo contínuo entre as partes enxertadas, o qual irá influenciar o crescimento pelo efeito na translocação de nutrientes, água e fotoassimilados entre o enxerto e porta-enxerto e vice-versa, afetando as características fisiológicas (ZARROUK *et al.*, 2006; MARTÍNEZ-BALLESTA *et al.*, 2010).

Além da formação de um tecido de cicatrização e novo sistema vascular na região de união, o sucesso da enxertia em plantas superiores depende principalmente de outros dois fatores essenciais: a compatibilidade fisiológica entre porta-enxerto e enxerto e o alinhamento adequado dos diferentes tecidos no momento da confecção dos enxertos (HARTMANN *et al.*, 2011; AJAMGARDA *et al.*, 2016).

Ainda são escassos os estudos anatômicos sobre a formação da união dos enxertos, porém um número crescente demonstra que os processos envolvidos são semelhantes em diferentes espécies frutíferas, como cafeeiro (enxerto: *Coffea arabica* L.; porta-enxerto: *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner), damasco (enxerto: *Prunus armeniaca* L. cv. 'Moniquei', 'Goldrich' e 'Paviot'; porta-enxerto: *Prunus cerasifera* Ehrh. X *Prunus munsoniana* Wight & Hedr. cv. 'Marianna 2624'), pereira européia (enxerto: *Pyrus communis* L. cv. 'Abbè Fetel', 'Decana du Comice', 'Clapp's Favourite', 'Rocha', 'Packham's Triumph' e 'Santa Maria'; porta-enxerto: marmeleiro - *Cydonia oblonga* Mill. cv. 'Adams' e 'EMA') e lichia (enxerto: *Litchi chinensis* Sonn. cv. 'Jingganhongnuo'; porta-enxerto: *Litchi chinensis* cv. 'Jinfeng', 'Heiye', 'Huaizhi', 'Songjiaxiang', 'Guilin', 'Xuehuaizi', 'Zhuangyuanhong', 'Liuyuexue', 'Baitangying', 'Wuye', 'Shuangjianyuhebao', 'Wanpu' e 'Zaopu') (DIAS *et al.*, 2009; PINA *et al.*, 2012; MACHADO *et al.*, 2015; CHEN *et al.*, 2016).

Dentre as coníferas, para *A. angustifolia* há apenas um relato de descrição anatômica de microenxertia realizada por Anselmini e Zanette (2008). Os autores verificaram que após a microenxertia ocorreu a formação de camadas de células parenquimáticas que preencheram o local do microenxerto e a diferenciação de algumas destas células em novas células cambiais, reestabelecendo a conexão



cambial entre os tecidos. Isso evidencia que a proliferação de células na microenxertia de *A. angustifolia* é o primeiro indício do crescimento do enxerto principalmente com o restabelecimento das conexões vasculares entre os tecidos (NUNES *et al.*, 2005), viabilizando a microenxertia para a espécie (ANSELMINI; ZANETTE, 2008).

## 2.4 BROTAÇÕES EPICÓRMICAS

Como característica da família Araucariaceae, a copa das árvores compreende o tronco central apical com crescimento ortotrópico (vertical) e ramos de primeira a quinta ordem terminados com ramos plagiotrópicos com crescimento desviado da vertical (NIKLES, 1964). Segundo Nikles (1961) e Burrows (1986) ocorre a formação de dois tipos de gemas no caule principal de coníferas: as que fazem parte do desenvolvimento normal da planta, que darão origem aos ramos plagiotrópicos de primeira ordem, e as ortotrópicas secundárias que se desenvolvem aparentemente após uma decapitação do ápice caulinar. Em Araucariaceae, a gema terminal e as gemas dormentes ao longo do tronco são os únicos meristemas capazes de produzir ramos com hábito ortotrópico (NIKLES, 1964). Quando utilizadas brotações plagiotrópicas na propagação vegetativa, as plantas formadas irão assumir um crescimento lateralizado, contrário a ortotropia, similar a um galho lateral (ZOBEL; TALBERT, 1984).

O processo de indução de brotações está relacionado com as concentrações de hormônios vegetais na planta onde, aparentemente, as auxinas estão envolvidas no plagiotropismo (MUDAY, 2001), juntamente com outros hormônios vegetais como giberelinas, citocininas e ácido abscísico (COX *et al.*, 2004). Para *A. angustifolia* não se sabe realmente qual fator influencia a formação de brotações epicórmicas, as quais serão ramos ortotrópicos ou plagiotrópicos.

O hábito de crescimento da *A. angustifolia* é uma barreira para a propagação vegetativa, por apresentar crescimento ortotrópico ou plagiotrópico.

Os ramos ortotrópicos crescem no ápice da árvore ou em brotações laterais do tronco, com diâmetro avantajado para o uso na propagação vegetativa enquanto que os ramos plagiotrópicos apresentam crescimento lateral, com simetria bilateral, crescimento e tempo de vida limitado, sendo que esses ramos, quando utilizados na enxertia ou estaquia, não produzem indivíduos normais, devido ao crescimento lateralizado (KAGEYAMA; FERREIRA, 1975; IRITANI *et al.*, 1992). Diante disso, para a propagação vegetativa da espécie, é de maior interesse o uso de propágulos ortotrópicos para a formação de mudas com crescimento normal (WENDLING *et al.*, 2009; PIRES *et al.*, 2013).

O resgate de árvores adultas selecionadas pode ocorrer por métodos diferenciados como a indução de brotações ao longo do tronco (brotações epicórmicas), aprimorando à obtenção de brotações ortotrópicas com relação às plagiotrópicas (WENDLING *et al.*, 2009). O uso de brotações epicórmicas é uma alternativa potencial, por meio da realização de podas ou coleta de galhos mantidos em condições ambientais adequadas para a emissão das brotações que, ao atingirem tamanho adequado, são estaqueadas ou, enxertadas para a formação de mudas (XAVIER; SANTOS, 2002; ROSA *et al.*, 2003; XAVIER; SILVA, 2010). A eficiência do método é dependente da espécie, do genótipo, da época do ano, das condições ambientais e fisiológicas da planta, assim como da intensidade e da praticidade do anelamento realizado. A decepta da árvore é a técnica mais comumente utilizada no resgate vegetativo para a propagação de plantas adultas de espécies florestais (XAVIER *et al.*, 2013).

A indução de brotações por decepta e anelamento está correlacionada ao fato destas promoverem alteração nos níveis hormonais das árvores (SANTIN *et al.*, 2008). As injúrias causadas pelos tratamentos refletem na quebra da dominância apical da árvore, proporcionando uma alta relação citocinina/auxina, a qual pode favorecer a emissão das brotações basais (SARTORI; ILHA, 2005; HARTMANN *et al.*, 2011). O anelamento causa uma menor concentração momentânea de auxina na região inferior ao anelamento devido a interrupção do transporte da parte aérea para as raízes (SANTIN *et al.*, 2008) pois sabe-se que a biossíntese da auxina ocorre, principalmente, na parte aérea, enquanto as raízes são os principais centros produtores de citocinina nas plantas (TAIZ;

ZEIGER, 2009). Sendo assim, o decréscimo do balanço auxina/citocinina é responsável pela indução de brotações. O aumento da concentração de citocininas abaixo da região anelada e perda de dominância apical faz com que ocorra a indução de brotações epicórmicas na região onde foi realizado o tratamento (HARTMANN *et al.*, 2011; SARTORI; ILHA, 2005).

Para as espécies do gênero *Eucalyptus*, a técnica de resgate vegetativo já está bem estabelecida, utilizando-se a decepta de árvores para a obtenção de brotações juvenis para a propagação por estaquia (ALMEIDA *et al.*; 2007; XAVIER; SILVA, 2010). Diversos trabalhos vêm conotando a importância do resgate vegetativo para espécies nativas, como o uso de decepta e anelamento de caule. É comprovado o efeito dessas duas técnicas de resgate vegetativo em *Ilex paraguariensis* e em *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan e apenas decepta em *Vochysia bifalcata* Warm. com indução de brotos epicórmicos, os quais apresentaram índices satisfatórios de enraizamento para essas espécies (SANTIN *et al.*, 2008; DIAS *et al.*, 2015; STUEPP *et al.*, 2015; RICKLI *et al.*, 2015).

Estudos realizados por Wendling *et al.* (2009) demonstraram que é possível induzir a formação de brotações epicórmicas em indivíduos adultos de *A. angustifolia*. O método de decepta da árvore foi eficiente, produzindo brotações principalmente com hábito de crescimento ortotrópico.

## 2.5 INDUÇÃO DO FLORESCIMENTO

A transição do estágio vegetativo para o reprodutivo envolve grandes alterações no padrão de morfogênese e diferenciação celular no meristema apical do caule, sinalizando alteração no desenvolvimento da planta. Sob o ponto de vista fisiológico, o florescimento é um processo complexo, o qual se procede em fases consecutivas e depende de condições externas, mecanismos regulatórios internos e do desenvolvimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2009). Fatores endógenos, tais como concentrações hormonais, nutrição e ritmos circadianos, e fatores ambientais como fotoperíodo, temperatura, irradiação e

disponibilidade de água são estímulos para a indução de floração (KERBAUY, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2009).

A transição entre a fase juvenil, fase adulta vegetativa e fase adulta reprodutiva reside da possibilidade da formação de estruturas reprodutivas, sendo um processo gradual, podendo ser acompanhada por alterações em algumas características vegetativas, como a morfologia e disposição das folhas. Ocorre uma sequência de modificações dos padrões de morfogênese e diferenciação celular do ápice meristemático caulinar, apical ou lateral, resultando no meristema reprodutivo. Como consequência, o meristema caulinar se reestrutura para produzir um primórdio floral, em vez de primórdio foliar (KERBAUY, 2004). Segundo Taiz e Zeiger (2009) os meristemas florais podem, em geral, ser distinguidos dos meristemas vegetativos nos primeiros estádios de desenvolvimento reprodutivo, pois a transição do vegetativo para reprodutivo é marcada por um aumento das divisões celulares.

A incapacidade das plantas em florescer antes de atingirem determinado estágio está associada à juvenilidade, onde a aplicação de reguladores vegetais pode regular a transição de fase (KERBAUY, 2004). Muitos destes têm sido utilizados como inibidores de florescimento, na época mais propícia a florada, ou como promotores do florescimento, visando à produção extemporânea de frutos (SERCILOTO; CASTRO, 2001). Porém, a resposta à aplicação está relacionada à concentração, época e tipo de aplicação, assim como as variações de espécie, idade e origem da planta (RIED *et al.*, 1995<sup>1</sup> apud AURAS, 2001).

Dentre os hormônios vegetais, as giberelinas estão envolvidas em vários processos de desenvolvimento da planta e promovem inúmeros efeitos desejáveis como alongamento do caule, florescimento uniforme, redução no tempo de florescimento, incremento no número de flores e tamanho (TAIZ; ZEIGER, 2009). Estudos demonstram que o nível de giberelina está estreitamente relacionado com a formação de órgãos florais, pela presença de

---

<sup>1</sup> RIED, J. B.; HASAN, O.; MONCUR, M. W.; HETHERINGTON, S. Paclobutrazol as a management tool for tree breeders to promote early and abundant seed production. In: POTTS, B. M.; BORRALHO, N. M. G.; RIED, J. B.; CROMER, R. N.; TIBBITS, W. N.; RAYMOND, C. A. (ed.). **Eucalypt plantations: improving fibre yield and quality**. Proc. CRCTHF-IUFRO Conf.: Hobart, p. 293-298, 1995.

altos níveis durante o processo de formação e desenvolvimento de pétalas e estames (MIELKE *et al.*, 2008).

O uso exógeno de giberelina pode estimular o crescimento de plantas após sua aplicação, especialmente em coníferas. Também pode substituir a indução por fotoperíodo em plantas de dias longos que crescem em forma de roseta quando sob dias curtos, ou levar à floração de algumas plantas de dias curtos em condições não-indutivas, bem como substituir parcial ou totalmente os efeitos de baixas temperaturas em espécies vegetais que requerem frio para florescer (KERBAUY, 2004). Segundo o mesmo autor, a importância da giberelina no processo de indução floral é difícil de ser estabelecida, sendo sua eficiência dependente da espécie, época de aplicação e tipo de giberelina aplicada.

A ação de giberelinas, tanto endógena como exógena, só irá influenciar no florescimento quando uma certa concentração é alcançada (WEBBER *et al.*, 1985), porém, a sua eficácia varia de acordo com a espécie (CRUZ *et al.*, 2011; MORAES *et al.*, 2012). Algumas formas de giberelina atuam isoladamente na maioria das dicotiledôneas, em algumas monocotiledôneas e em coníferas, contudo, representantes da família Pinaceae respondem pouco ao uso do GA<sub>3</sub>, mas crescem satisfatoriamente em resposta a mistura GA<sub>4</sub>+GA<sub>7</sub> (SCALON *et al.*, 2006; BOTIN; CARVALHO, 2015).

Em muitas coníferas, a fase juvenil pode durar até 20 anos, podendo esta ser encurtada pelo tratamento com giberelina, onde plantas de 2 ou 3 anos podem ser induzidas precocemente a entrar na fase reprodutiva, com a produção de cones, como exemplo a sequoia gigante (*Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) J. Buchholz) (TAIZ; ZEIGER, 2009). A aplicação exógena de giberelinas em *Pinus radiata* D. Don. tem induzido o florescimento precoce de forma previsível e repetitiva (CODESIDO; MERLO, 2007).

Já o uso de inibidores da biossíntese de giberelina têm sido úteis em cultivos nos quais é desejável uma redução na altura da planta. Esses compostos são frequentemente utilizados para controlar o tamanho de plantas ornamentais cultivadas em vasos e mantidas em viveiros, casa de vegetação e estufas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Em árvores frutíferas, o uso de anti-giberelinas pode tanto induzir como inibir o florescimento (GIANFAGNA, 1995<sup>2</sup> apud AURAS, 2001). Dentre elas encontram-se o CCC (Clorato de 2-cloroetil-trimetil amônio), paclobutrazol ([2RS, 3RS] -1- (4- clorofenil)-4, 4-dimetil-2- (1H-1,2,4-triazolil-1) pentanol-3) e uniconazol ((E) - 1-p-chlorophenyl-2- (1,2,4-triazol-1-yl) - 4, 4 dimethyl-1-pentenyl-3-ol.) (DUARTE FILHO *et al.*, 2004; KERBAUY, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2009). Entretanto, os efeitos variam em função de diversos fatores como época de aplicação, cultivar, condições climáticas, podendo ocasionar efeitos adversos como a inibição do florescimento e redução da frutificação (DUARTE FILHO *et al.*, 2004).

O paclobutrazol (PBZ) é formado por um anel triazol e um anel clorobenzeno, ligados a uma cadeia carbônica aberta, sendo um inibidor de crescimento vegetal utilizado em plantações de manga (*Mangifera indica* L.) para a produção de frutos o ano inteiro (SILVA *et al.*, 2003). Ele age inibindo a síntese de giberelina, fazendo com que a planta pare de crescer e ocorra a estimulação na produção de flores e frutos (SRIVASTAV *et al.*, 2010). Com o seu uso, em angiospermas lenhosas, verifica-se a estagnação do crescimento vegetativo e o estímulo do desenvolvimento reprodutivo, levando a emissão precoce de botões florais (WILLIAMS *et al.*, 2003).

Estudos demonstram efeitos como inibição e promoção de florescimento precoce com o uso de giberelinas e paclobutrazol em diversas espécies, variando de acordo com o organismo vegetal. Em lima da pérsia (*Citrus limettioides* Tan.), o paclobutrazol (1250 mg L<sup>-1</sup>) promoveu a diferenciação floral 100 dias após a aplicação (ESPINOZA JUNIOR; ALMAGUER, 1991<sup>3</sup> apud SERCILOTO; CASTRO, 2001). Em ciclâmen (*Cyclamen persicum* Mill.), a aplicação de giberelina (GA<sub>3</sub>) antecipou o florescimento e em consequência o padrão comercial e a comercialização do produto em duas semanas para a

---

<sup>2</sup> GIANFAGNA, T. J. Natural and synthetic growth regulators and their use in horticultural and agronomic crops. In: DAVIES, P. J. (ed.). **Plant hormones**. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, p. 751-773, 1995.

<sup>3</sup> ESPINOZA JUNIOR, E.; ALMAGUER, V. G. Off-season flowering in Persian lime (*Citrus latifolia* Tan.) in Martinez de la Torre, Ver., Mexico. **Proceedings of the Internamerican Society for Tropical Horticulture**, v. 35, p. 40-43, 1991.

cultivar Concerto Scarllet Caruso e em pelo menos seis semanas para a cv. Concerto Purple Papageia (MIELKE *et al.*, 2008).

Segundo Duarte Filho *et al.* (2004), as respostas à aplicação de giberelina ( $GA_3$ ) e paclobutrazol dependem da cultivar. Os mesmos autores verificaram que morangueiros (*Fragaria ananassa* Duch.) a cv. Seascape, de dia neutro, responderam melhor a aplicação de giberelina na concentração de 40 mg L<sup>-1</sup> que a cv. Oso Grande, de dia curto. Já a aplicação de paclobutrazol, na concentração de 100 mg L<sup>-1</sup>, reduziu o florescimento dos morangueiros, demonstrando a necessidade de pesquisas quanto a concentração e época de aplicação. Mouco e Albuquerque (2005) observaram em experimento com mangueira (*Mangifera indica* L.) que o uso de PBZ nas concentrações de 2,0 g, 1,5 g, 1,0 g e 0,5 g i.a. aplicado via solo promove a floração da mangueira em qualquer época do ano, nas condições tropicais semiáridas.

Em espécies florestais são demonstradas diferenças no uso de giberelina e paclobutrazol. Para o gênero *Eucalyptus* já está comprovado que o uso de PBZ é eficiente na indução de florescimento precoce (SILVA *et al.*, 2012). Alguns trabalhos já demonstram essa eficiência, como de Williams *et al.* (2003) que observaram em árvores imaturas reprodutivamente de *Eucalyptus nitens* (Maiden) a ocorrência de precocidade na floração com a aplicação de PBZ e nitrogênio, sendo que o modelo convencional de indução de florescimento de espécies de *Eucalyptus* é baseado na aplicação de 0,25 g i.a. PBZ por planta em vaso ou 0,25 g i.a. PBZ por centímetro de circunferência em árvores adultas (MORAES *et al.*, 2012). Entretanto, para *Pinus sp.* o método eficaz de indução de florescimento é com a aplicação de giberelina, como demonstra o estudo com *Pinus radiata* (CODESIDO; MERLO, 2007).

### 3 CAPÍTULO I: INDUÇÃO DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS EM ÁRVORES JOVENS DE *Araucaria angustifolia*<sup>4</sup>

#### RESUMO

O resgate vegetativo de material à campo é fundamental para o desenvolvimento de um programa de melhoramento, silvicultura clonal e conservação de genótipos de interesse, para *Araucaria angustifolia*. As principais barreiras para a propagação vegetativa da espécie são o hábito de crescimento de seus ramos (ortotrópico ou plagiotrópico) e os baixos índices de enraizamento. O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência das técnicas de resgate vegetativo para a indução de brotações epicórmicas em indivíduos jovens de *A. angustifolia* como base para obtenção de propágulos ortotrópicos. Foram selecionadas 42 árvores jovens (6 anos) as quais foram submetidas a decepa, anelamento total e parcial do caule. Durante 14 meses avaliou-se a sobrevivência, porcentagem de plantas com brotações, número, tamanho e hábito de crescimento das brotações. Verificou-se que a decepa produziu a maior quantidade de brotações (43 brotos por árvore) e de maior tamanho, com baixa porcentagem de sobrevivência das plantas (36%) após um ano. Para o anelamento total observou-se um decréscimo da sobrevivência das plantas ao longo do período avaliado, chegando a 7% de sobrevivência, enquanto que o anelamento parcial apresentou manutenção da sobrevivência das plantas (100%), com 60% de plantas emitindo brotação, porém, apresentou a menor quantidade de brotações (inferior a 6 brotos). A maioria das brotações emitidas eram de crescimento ortotrópico em todas as técnicas estudadas. Embora a decepa tenha sido o método mais eficiente tecnicamente, o anelamento parcial pode ser recomendado tendo em vista a possibilidade de manutenção da planta matriz, mesmo com baixa produção de brotos epicórmicos.

**Palavras-chave:** pinheiro brasileiro, crescimento ortotrópico, conservação, silvicultura clonal

---

<sup>4</sup> Submetido na Revista Árvore



## INDUCTION OF EPICORMIC SHOOTS IN *Araucaria angustifolia* YOUNG TREES

### ABSTRACT

The vegetative rescue selected genotypes from the field is fundamental for the development of a breeding, clonal forestry and conservation program for *Araucaria angustifolia*. The main challenges to the vegetative propagation of the species are its branches growth habit (orthotropic or plagiotropic), the vegetative rescue difficulties and low rooting rates. The present study aimed to evaluate the efficiency of vegetative rescue techniques for the induction of epicormic shoots in plants established in plantation of *A. angustifolia*. Forty-two trees with 6 years were selected, submitted to coppicing, total and partial stem girdling. Over 14 months was evaluated the survival, percentage of plants with sprouts, number of sprouts, sprout size and sprout growth were evaluated. Coppicing produced the largest amount of shoots (43 shoots per tree) and these presented larger size, with low percentage of plants survival (36%) after one year. For total girdling, a decrease of plants survival during the evaluated period was noted, reaching only 7% of tree survival, whereas the partial girdling had 100 % survival rate, with 60 % of trees with shoots, however, presented the least number of shoots (less than 6 shoots). Most of the shoots were of orthotropic growth in all studied techniques. Although coppicing is the most technically efficient method, partial girdling can be recommended having into account the possibility to maintain the parent plant, even with low production of epicormic shoots.

**Key-words:** Brazilian-pine, orthotropic growth, conservation, vegetative rescue

### 3.1 INTRODUÇÃO

Atualmente são inúmeros os programas de melhoramento genético de espécies florestais, sendo a clonagem de árvores de genótipos superiores parte essencial desse processo. O mercado consumidor de produtos florestais exige materiais genéticos superiores que atendam a qualidade exigida no produto final (WENDLING *et al.*, 2009).

A procura por produtos florestais diferenciados originados de espécies nativas tem aumentado a demanda de desenvolvimento de genótipos melhorados (WENDLING *et al.*, 2009). Dentre as espécies nativas de interesse, encontra-se *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), também conhecida como pinheiro-brasileiro ou pinheiro-do-Paraná, nativa principalmente da região sul do Brasil (CARVALHO, 2003). Sua madeira é de alta qualidade e fácil de trabalhar sendo indicada para construções em geral, caixotaria, movelaria, laminados e vários outros usos madeireiros, assim como extração de celulose (MAINIERI; CHIMELO, 1989; CARVALHO, 2003).

*A. angustifolia* normalmente é propagada por via seminal (CARVALHO, 2003). Quanto a propagação vegetativa, o hábito de crescimento de seus ramos é uma barreira, por apresentar crescimento ortotrópico ou plagiotrópicos (WENDLING *et al.*, 2009). Seu tronco apresenta crescimento ortotrópico enquanto que os ramos plagiotrópicos apresentam crescimento lateral, com simetria bilateral, crescimento e tempo de vida limitado, sendo que esses ramos quando utilizados na enxertia ou estaquia, não produzem indivíduos normais, devido ao crescimento lateralizado (KAGEYAMA; FERREIRA, 1975; IRITANI *et al.*, 1992; PIRES *et al.*, 2013).

É de extrema importância o desenvolvimento de ferramentas eficientes de indução de brotações epicórmicas ortotrópicas, como base para o resgate e clonagem de matrizes selecionadas para a conservação e implantação de programas de silvicultura clonal para *A. angustifolia* (WENDLING *et al.*, 2009). Diante disso, o resgate vegetativo de material à campo é uma etapa fundamental para reproduzir vegetativamente um material com características desejadas,

pela obtenção de brotações com maior aptidão para a propagação vegetativa (WENDLING; XAVIER, 2001; WENDLING, 2003).

O uso de brotações epicórmicas é uma alternativa em potencial para a propagação de espécies devido a possibilidade de obtenção de material juvenil (WENDLING *et al.*, 2009; RICKLI *et al.*, 2015; STUEPP *et al.*, 2016). Por meio de técnicas de resgate vegetativo como decepta da árvore, anelamento na base do tronco, podas ou coleta de galhos, sob condições ambientais adequadas, é possível induzir brotações que, ao atingirem tamanho adequado, serão utilizadas na propagação vegetativa para a formação de mudas (XAVIER; SANTOS, 2002; ALMEIDA *et al.*, 2007; XAVIER; SILVA, 2010). Entretanto, a eficiência do método é dependente da espécie e/ou genótipo, da época do ano, das condições ambientais e fisiológicas da planta, assim como da intensidade e da técnica realizada (XAVIER *et al.*, 2013).

As técnicas de resgate de material selecionado para as espécies do gênero *Eucalyptus* já estão bem estabelecidas, utilizando-se, principalmente, a decepta da árvore para a obtenção de brotações juvenis, as quais são utilizadas na estaquia (ALMEIDA *et al.*, 2007; XAVIER; SILVA, 2010). Em espécies nativas, destaca-se o uso de decepta e anelamento de caule em *Ilex paraguariensis* A. St. Hil e em *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan e decepta em *Vochysia bifalcata* Warm., possibilitando a propagação vegetativa com índices satisfatórios de enraizamento para essas espécies (SANTIN *et al.*, 2008; DIAS *et al.*, 2015; STUEPP *et al.*, 2015; RICKLI *et al.*, 2015).

Como base para obtenção de propágulos ortotrópicos aptos à clonagem de *A. angustifolia*, se objetivou com o presente estudo avaliar a eficiência das técnicas de resgate vegetativo por meio de decepta da árvore, anelamento total e parcial do caule para a indução de brotações epicórmicas em indivíduos jovens da espécie.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas 42 árvores jovens de *A. angustifolia*, com idade de aproximadamente 6 anos, provenientes de área experimental, pertencente a Embrapa Florestas, no município de Colombo - PR. O clima na região é, segundo a classificação de Köppen, subtropical e úmido (*cfb*) mesotérmico, com verões frescos, inverno com geadas frequentes, sem estação seca definida, com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C e temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C (Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR, 2016).

Em novembro/2013 foram aplicadas três técnicas de indução de brotações epicórmicas basais: decepta, anelamento total e anelamento parcial (FIGURA 1.1). A decepta das árvores foi realizada por meio de um corte raso a aproximadamente 25 cm de altura do solo. O anelamento total consistiu na retirada de um anel de casca em torno de toda a circunferência do tronco, com aproximadamente 2 cm de largura, a uma altura aproximada de 25 cm do solo, sem danificar o lenho, enquanto que para o anelamento parcial foi realizada a retirada da casca em apenas 50% da circunferência.

Foram realizadas avaliações mensais no período compreendido entre dezembro/2013 a dezembro/2014, analisando-se a porcentagem de sobrevivência das árvores, porcentagem de plantas com brotação, quantidade e tamanho das brotações de acordo com quatro classes de tamanho (0,2 a 5,0 cm; 5,1 a 11,0 cm; 11,1 a 17,0 e maiores que 17 cm). Além disso, as brotações epicórmicas emitidas foram classificadas quanto ao hábito de crescimento, como ortotrópico, plagiotrópico ou sem definição (WENDLING *et al.*, 2009).

Ramos ortotrópicos foram considerados aqueles com crescimento vertical (normal); ramos plagiotrópicos aqueles com crescimento oblíquo ou horizontal (anormal) e; sem definição aqueles onde não se conseguiu distinguir o tipo de hábito de crescimento (WENDLING *et al.*, 2009).



FIGURA 1.1 - TÉCNICAS DE RESGATE VEGETATIVO EM PLANTAS JOVENS DE *A. angustifolia*: DECEPA (A), ANELAMENTO TOTAL (B) E ANELAMENTO PARCIAL (C). FOTOS: A AUTORA

O experimento foi conduzido num delineamento em blocos ao acaso, com três tratamentos e 13 avaliações, arranjados em esquema de parcelas subdivididas, com 2 repetições de 7 árvores por unidade experimental, totalizando 42 árvores. As técnicas de resgate vegetativo foram aplicadas às parcelas e as avaliações consideradas sub-parcelas. As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ( $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ ) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), com o auxílio do *software* estatístico ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009). O comportamento das variáveis estudadas, em função das épocas de avaliação, foi determinado pelo ajuste de modelos de regressão linear que tiveram por objetivo determinar a tendência das relações.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância revelaram que as interações entre as técnicas de resgate vegetativo e as avaliações mensais foram significativas para a porcentagem de sobrevivência, porcentagem de plantas com indução de brotações epicórmicas e número de brotos por planta (APÊNDICE 1.1).

Para a porcentagem de sobrevivência verificou-se que não ocorreram diferenças entre as técnicas de resgate vegetativo durante os seis primeiros meses de avaliação, apresentando 100% de sobrevivência (TABELA 1.1). Nos demais meses a técnica de anelamento parcial apresentou maior sobrevivência (100% de sobrevivência) que às demais técnicas. Quando comparadas as épocas de avaliação para cada uma das técnicas de resgate testadas, verificou-se que não houve diferença entre as épocas de avaliação para a técnica de anelamento parcial. Para o anelamento total e decepta somente foram verificadas diferenças após a sexta avaliação (maio/2014), com redução da porcentagem de sobrevivência ao longo do período de avaliação. Em novembro/2014 a decepta apresentou 36% de sobrevivência. Já o anelamento total apresentou 7% de sobrevivência ao final das avaliações.

Como para as três técnicas de resgate vegetativo não houve diferença nos seis primeiros meses de avaliação, as equações lineares ajustadas só consideraram os dados após a sexta avaliação. Para a técnica de anelamento parcial a porcentagem de sobrevivência mostrou ser constante (100%) (FIGURA 1.2 A), não sendo possível ajustar uma equação de regressão. Para o anelamento total a tendência do comportamento da porcentagem de sobrevivência pode ser representada por uma equação potencial, que explica 90% da relação entre as épocas e a porcentagem de sobrevivência (FIGURA 1.2 B). A tendência da porcentagem de sobrevivência quando aplicada a técnica de decepta pode ser representada por um polinômio de 2º grau, que explica 74% da relação (FIGURA 1.2 C).

TABELA 1.1 - PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE ÁRVORES DE *A. angustifolia* SUBMETIDAS ÀS TÉCNICAS DE RESGATE VEGETATIVO: ANELAMENTO PARCIAL, ANELAMENTO TOTAL E DECEPA, REALIZADAS EM NOVEMBRO/2013, AVALIADAS POR 13 MESES.

% SOBREVIVÊNCIA				
AVALIAÇÕES		TÉCNICAS		
		ANELAMENTO PARCIAL	ANELAMENTO TOTAL	DECEPA
2013	DEZ	100 a A	100 a A	100 a A
	JAN	100 a A	100 a A	100 a A
	FEV	100 a A	100 a A	100 a A
	MAR	100 a A	100 a A	100 a A
	ABR	100 a A	100 a A	100 a A
	MAI	100 a A	100 a A	100 a A
2014	JUN	100 a A	78 b B	78 b B
	JUL	100 a A	29 c C	43 b C
	AGO	100 a A	22 c D	43 b C
	SET	100 a A	22 c D	43 b C
	OUT	100 a A	14 c E	43 b C
	NOV	100 a A	14 c E	36 b D
	DEZ	100 a A	7 c F	36 b D

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA, MINÚSCULA NA HORIZONTAL E MAIÚSCULA NA VERTICAL, NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE

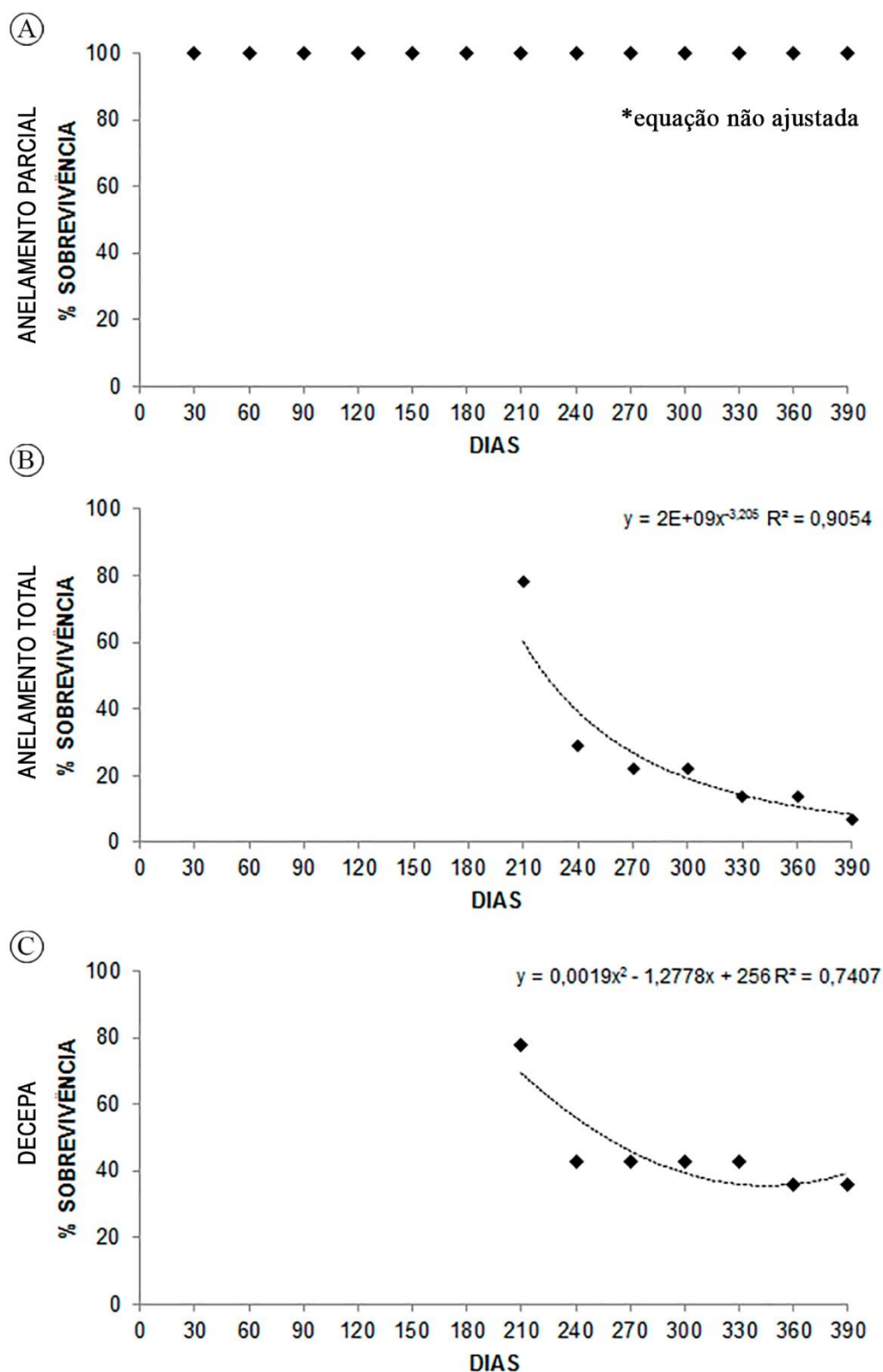


FIGURA 1.2 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA A PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE PLANTAS DE *A. angustifolia* SUBMETIDAS AS TÉCNICAS DE ANELAMENTO PARCIAL (A), ANELAMENTO TOTAL (B) E DECEPA (C)  
 \* PARA ANELAMENTO PARCIAL NÃO FOI POSSÍVEL AJUSTAR UMA EQUAÇÃO DE REGRESSÃO



Vale ressaltar que não foi observada a formação de tecido de cicatrização na região anelada de plantas com anelamento parcial e total (FIGURA 1.3 – A, B). É de conhecimento que a habilidade de cicatrização da lesão varia conforme a espécie (SARTORI; ILHA, 2005), não ocorrendo para as árvores do presente estudo.

Verificou-se que, a partir de maio/2014, as brotações epicórmicas de plantas submetidas a decepa apresentaram curvatura dos ápices e, posterior, clorose das brotações epicórmicas na cepa, as quais posteriormente morreram como verifica-se na Figura 1.3 - C. Nas plantas submetidas a anelamento total observou-se início de clorose foliar a partir dos 6 meses após a aplicação do tratamento (maio/2014), o que ocasionou posteriormente morte dos indivíduos (FIGURA 1.3 - G). Durante esse período foi observado excesso de umidade no solo da área, devido à má drenagem do mesmo. Com isso, pode ter ocorrido a redução da aeração do solo, impedindo as trocas gasosas nas raízes, levando a morte das plantas. Além disso, o estresse pode ter ocasionado um aumento da concentração de etileno provocando redução do crescimento e senescência (KERBAUY, 2004).

Concomitante ao excesso de umidade, os cortes do anelamento total podem ter sido realizados muito profundamente para à retirada completa do anel da casca, os quais ultrapassaram a faixa do câmbio e atingiram o xilema, causando extravasamento de seiva xilemática, prejudicando o fluxo ascendente (SARTORI; ILHA, 2005) e causando danos permanentes, com diminuição de vigor. Consequentemente, as plantas submetidas ao anelamento total ficaram mais susceptíveis as variações ambientais, ocasionando a maior mortalidade dentre as técnicas analisadas.

Em contrapartida, plantas com anelamento parcial permaneceram vivas ao longo de todo do período avaliado. Nessas árvores, não foram notados sintomas de clorose da parte aérea, como nos indivíduos com anelamento total. Possivelmente a manutenção de uma secção parcial da casca fez com que o fluxo de seiva, tanto floemática quanto xilemática, continuasse ocorrendo (SARTORI; ILHA, 2005), não prejudicando o desenvolvimento dessas árvores.

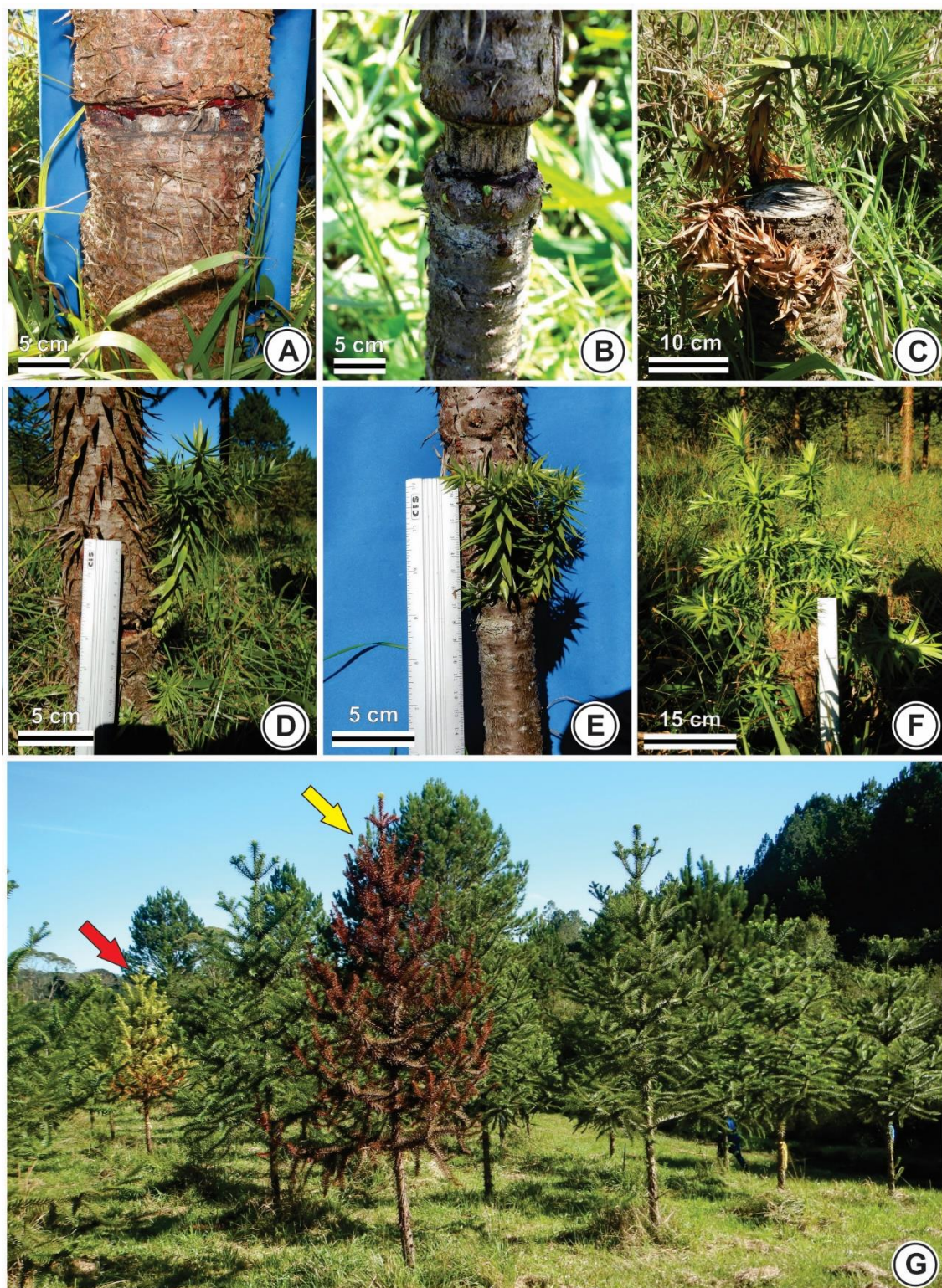


FIGURA 1.3 - AUSÊNCIA DE CICATRIZAÇÃO EM ANELAMENTO PARCIAL (A) E TOTAL (B) EM PLANTAS JOVENS DE *A. angustifolia*. CURVATURA DOS ÁPICES E MORTE DAS BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE DECEPA (C). BROTAÇÕES EPICÓRMICAS: ANELAMENTO PARCIAL (D), TOTAL (E) E DECEPA (F). PLANTA COM CLOROSE (SETA VERMELHA) E MORTE DE PLANTA (SETA AMARELA) SUBMETIDA A ANELAMENTO TOTAL (G). FOTOS: A AUTORA

No mês de fevereiro/2014 verificou-se que a técnica de decepa foi superior às demais para a porcentagem de plantas com brotações (TABELA 1.2). No quarto e quinto mês de avaliação, a técnica de anelamento total foi superior às demais, sendo que a partir de maio/2014 a técnica de anelamento parcial foi a que apresentou maior número de plantas com brotações.

Com a utilização das técnicas de anelamento total e decepa ocorreu uma redução da porcentagem de plantas com brotação a partir do sexto mês durante o período de avaliação, que acompanhou o decréscimo da porcentagem de sobrevivência. Resultados semelhantes também foram observados em *Tectona grandis* Lf., apresentando uma superioridade da emissão de brotações em árvores decepadas (86%) comparadas com matrizes aneladas (60%) (BADILLA *et al.*, 2016).

Quando comparadas as épocas de avaliação para cada uma das técnicas, o teste revelou que para o anelamento parcial, as avaliações efetuadas entre fevereiro/2014 e maio/2014 apresentaram as maiores porcentagens de plantas com brotações. Para o anelamento total, as avaliações realizadas entre fevereiro e abril/2014 foram superiores às demais épocas. A decepa apresentou 100% de plantas com brotação na avaliação de fevereiro/2014.

A tendência do comportamento da porcentagem de plantas com brotação pode ser explicada por um polinômio de 3º grau para as técnicas de anelamento parcial e total, com 84% e 96% respectivamente (FIGURA 1.4 A e B). O comportamento da porcentagem de plantas com brotações, para a técnica de decepa pode ser representado por uma equação exponencial que explica 89% da relação (FIGURA 1.4 C).

TABELA 1.2 - PORCENTAGEM DE PLANTAS DE *A. angustifolia* SUBMETIDAS ÀS TÉCNICAS DE RESGATE VEGETATIVO COM BROTAÇÕES EPICÓRMICAS: ANELAMENTO PARCIAL, ANELAMENTO TOTAL E DECEPA, REALIZADAS EM NOVEMBRO/2013, AVALIADAS POR 13 MESES.

% PLANTAS COM BROTAÇÕES				
AVALIAÇÕES		TÉCNICAS		
		ANELAMENTO PARCIAL	ANELAMENTO TOTAL	DECEPA
2013	DEZ	42,9 c E	64,7 b C	71,4 a C
	JAN	64,2 b D	78,5 a B	78,5 a B
	FEV	85,7 c A	92,8 b A	100,0 a A
	MAR	85,7 b A	92,8 a A	64,2 c D
	ABR	85,7 b A	92,8 a A	64,2 c D
	MAI	85,7 a A	78,5 b B	57,1 c E
2014	JUN	78,5 a B	50,0 b D	50,0 b F
	JUL	71,4 a C	21,4 c E	42,7 b G
	AGO	78,5 a B	14,3 c F	42,7 b G
	SET	78,5 a B	14,3 c F	42,7 b G
	OUT	78,5 a B	7,1 c G	35,7 b H
	NOV	78,5 a B	7,1 c G	35,7 b H
	DEZ	78,5 a B	0 c H	28,6 b I

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA, MINÚSCULA NA HORIZONTAL E MAIÚSCULA NA VERTICAL, NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE



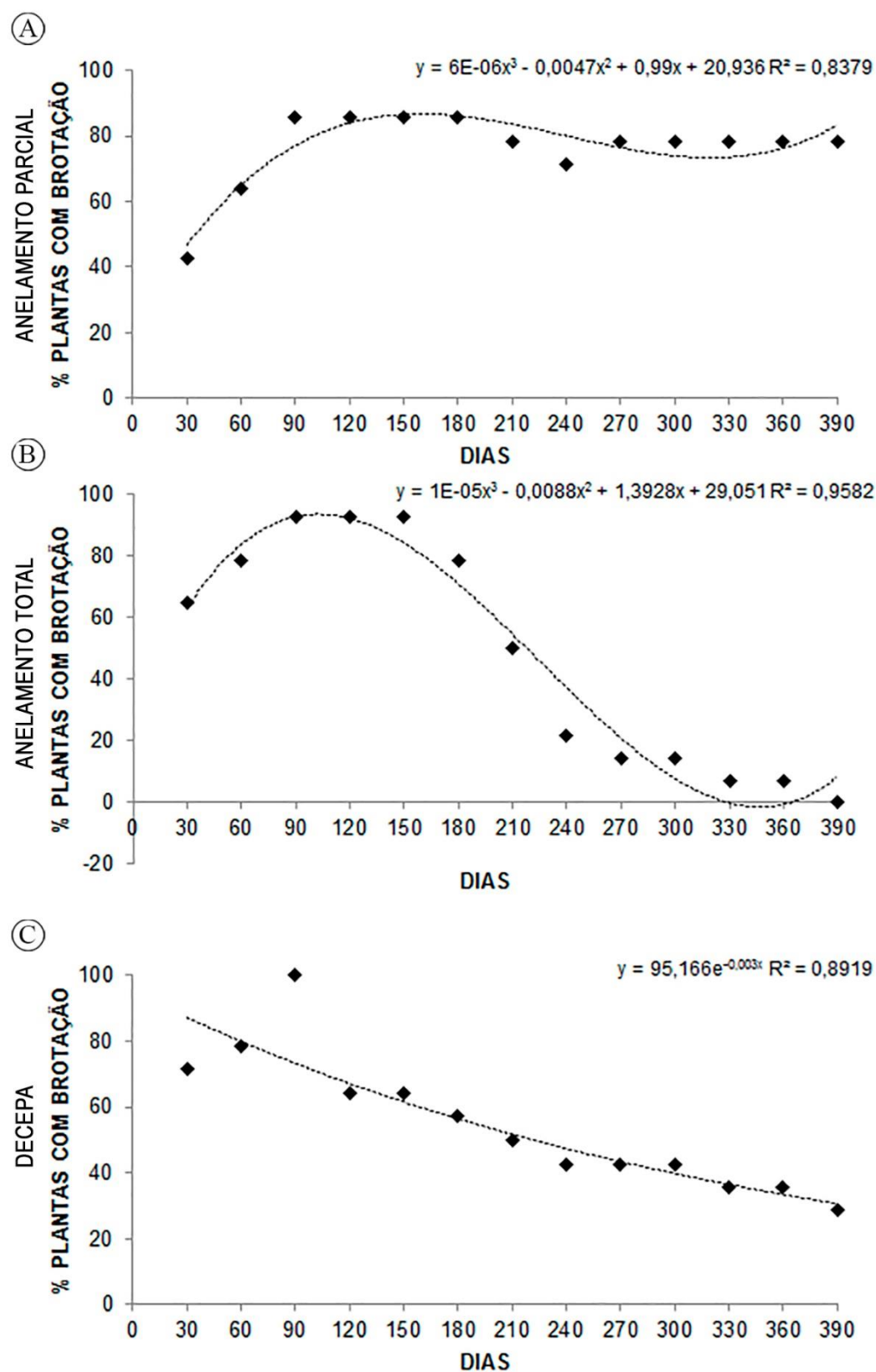


FIGURA 1.4 – EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA A PORCENTAGEM DE PLANTAS DE *A. angustifolia* COM BROTAÇÃO SUBMETIDAS AS TÉCNICAS DE ANELAMENTO PARCIAL (A), ANELAMENTO TOTAL (B) E DECEPA (C)

Os resultados para decepta se mostraram inferiores aos observados por WENDLING *et al.* (2009) onde em seu trabalho, após um ano do corte raso, 60% das árvores apresentavam brotações. Essa diferença pode ser devido ao fato do trabalho citado ter sido realizado com árvores adultas, diferentemente das plantas jovens utilizadas neste estudo. Acrescenta-se também que o excesso de umidade observado na área experimental pode ter influenciado nos resultados, ocasionando a morte das brotações epicórmicas devido a redução da aeração do solo.

A redução da porcentagem de plantas com brotação pela técnica de anelamento parcial a partir de maio/2014 foi ocasionado pela mortalidade das brotações epicórmicas. Já a ausência de brotações em algumas plantas pode ser devido ao fato de que no anelamento parcial uma porção de casca permanece no caule, fazendo com que o fluxo de seiva ascendente e descendente continue ocorrendo (SARTORI; ILHA, 2005), não ocasionando perda de dominância apical (TAIZ; ZEIGER, 2009) fazendo com que a resposta ao tratamento seja baixa para a emissão de brotações.

As diferenças nos percentuais de indução de brotações entre as técnicas de resgate vegetativo podem estar correlacionadas ao fato destas promoverem alteração nos níveis hormonais das árvores (SANTIN *et al.*, 2008). A biossíntese da auxina ocorre, principalmente, na parte aérea, enquanto as raízes são os principais centros produtores de citocininas nas plantas (TAIZ; ZEIGER, 2009). Portanto, as injúrias causadas pelos tratamentos de decepta e anelamento total refletiram na quebra completa ou parcial da dominância apical da árvore, proporcionando uma alta relação citocinina/auxina, a qual pode ter favorecido a emissão das brotações basais (SARTORI; ILHA, 2005; HARTMANN *et al.*, 2011).

Quanto ao número de brotos por planta (FIGURA 1.3 – D, E, F), a técnica de decepta foi superior às demais a partir da segunda avaliação (TABELA 1.3). Quando comparadas as avaliações em cada uma das técnicas, não houve diferença entre as avaliações quando efetuado o anelamento parcial, porém com baixa quantidade de brotações. Para o anelamento total, o número de brotos por planta foi igual e superior durante as oito primeiras avaliações, ocorridas entre dezembro/2013 a julho/2014. Para a decepta, os melhores resultados foram

obtidos nas três últimas avaliações, com médias superiores a 40 brotações por planta.

Não foi possível ajustar um modelo de equação linear para representar a tendência do comportamento do número de brotos por planta para os dados obtidos com a técnica de anelamento parcial (FIGURA 1.5 - A). Para os dados obtidos no anelamento total, um polinômio de 2º grau explica 87% da relação, enquanto que para a decepa, uma equação logarítmica explica 89% da relação (FIGURA 1.5 – B, C).

TABELA 1.3 – NÚMERO DE BROTAÇÕES EPICORMICAS POR PLANTA DE *A. angustifolia* SUBMETIDAS ÀS TÉCNICAS DE RESGATE VEGETATIVO: ANELAMENTO PARCIAL, ANELAMENTO TOTAL E DECEPA, REALIZADAS EM NOVEMBRO/2013, AVALIADAS POR 13 MESES.

		NÚMERO DE BROTAÇÕES/PLANTA		
		TÉCNICAS		
AVALIAÇÕES		ANELAMENTO PARCIAL	ANELAMENTO TOTAL	DECEPA
2013	DEZ	3,2 a A	4,3 a ABC	3,1 a E
	JAN	2,3 c A	7,8 b A	15,7 a D
	FEV	3,8 c A	7,1 b A	16,6 a D
	MAR	3,8 c A	6,8 b A	22,1 a C
	ABR	4,5 b A	6,9 b A	31,1 a B
2014	MAI	4,1 c A	6,9 b A	31,4 a B
	JUN	4,1 c A	7,0 b A	31,2 a B
	JUL	3,4 b A	6,0 b AB	28,2 a B
	AGO	3,1 b A	2,5 b BCD	30,1 a B
	SET	3,2 b A	2,5 b BCD	29,8 a B
	OUT	5,9 b A	1,5 c CD	43,2 a A
	NOV	3,5 b A	0,5 c CD	42,0 a A
	DEZ	3,2 b A	0,0 c D	44,0 a A

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA, MINÚSCULA NA HORIZONTAL E MAIÚSCULA NA VERTICAL, NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE

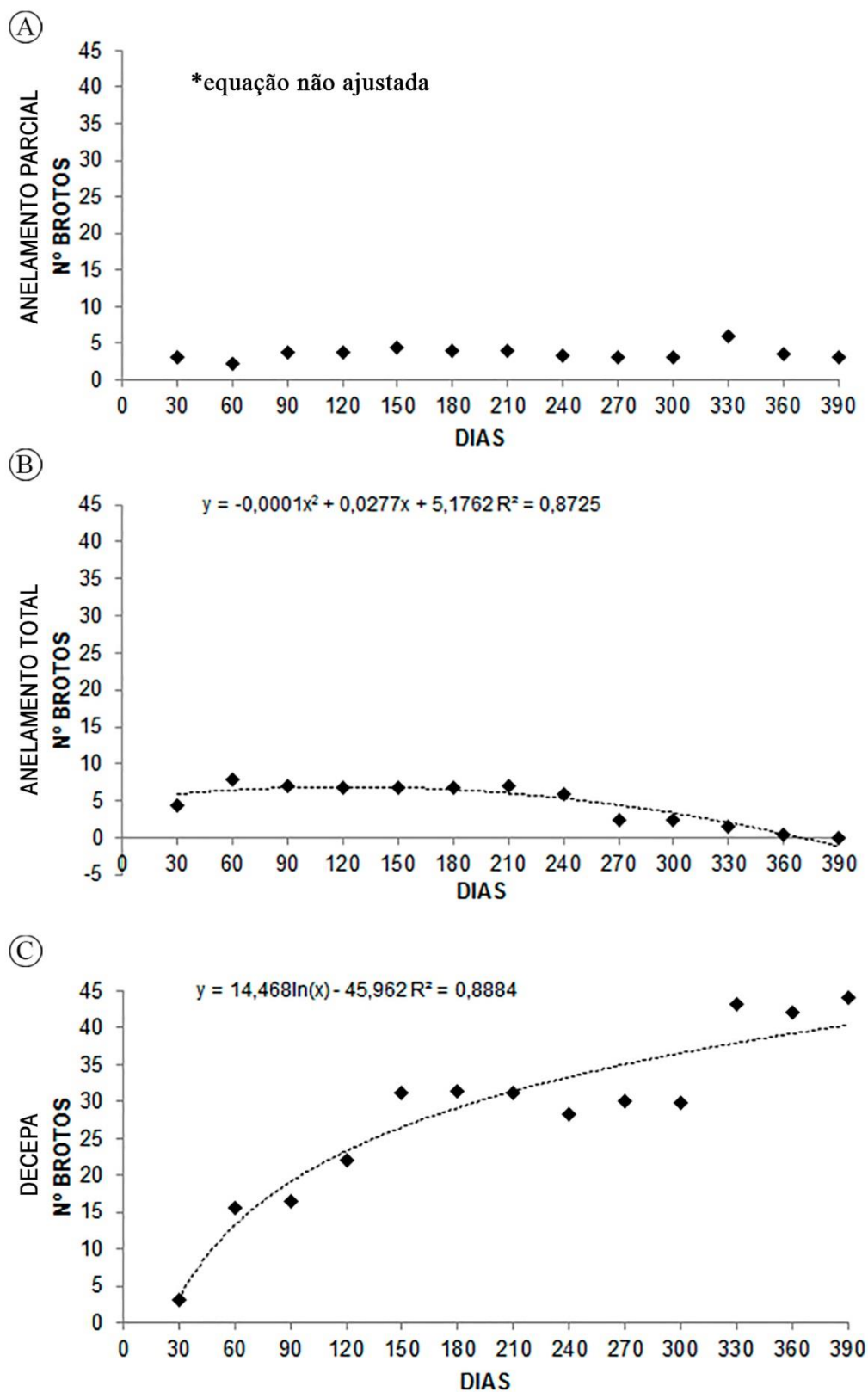


FIGURA 1.5 – EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA O NÚMERO DE BROTOS POR PLANTA DE *A. angustifolia*, SUBMETIDAS AS TÉCNICAS DE ANELAMENTO PARCIAL (A), ANELAMENTO TOTAL (B) E DECEPA (C)

\* PARA ANELAMENTO PARCIAL NÃO FOI POSSIVEL AJUSTAR UMA EQUAÇÃO DE REGRESSÃO



Segundo Dias *et al.* (2015), a decepa é o método recomendado para indução de brotações de árvores adultas de espécies lenhosas devido ao grande número de brotações emitidas (DIAS *et al.*, 2015), como no presente trabalho. Resultados positivos foram obtidos para árvores adultas de *A. angustifolia* (WENDLING *et al.*, 2009), *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. (ALMEIDA *et al.*, 2007), *Anadenanthera macrocarpa* (DIAS *et al.*, 2015), *Tectona grandis* (BADILLA *et al.*, 2016). Para *Ilex paraguariensis*, o anelamento e a decepa foram eficientes para a indução de brotações, revigoramento e sucesso do enraizamento da espécie (BITTENCOURT *et al.*, 2009; STUEPP *et al.*, 2015, 2016). Porém, a decepa é um método destrutivo, com possibilidade de morte da planta matriz (WENDLING *et al.*, 2009), o que muitas vezes impossibilita o uso da técnica.

O anelamento parcial não se mostrou eficiente tendo em vista a baixa emissão de brotações, porém a técnica pode ser recomendada para o resgate vegetativo da espécie, devido a possibilidade de manutenção da planta matriz. Essa forma de resgate vegetativo geralmente induz menor quantidade de brotações, mas torna-se fundamental para espécies onde o corte das plantas não é permitido por questões legais (BADILLA *et al.*, 2016), como é o caso da *A. angustifolia* em áreas de ocorrência natural, ou quando há a necessidade de manutenção da planta matriz. A utilização desta técnica em plantas com proibição de corte no Brasil foi relatada como alternativa para a indução de brotações na base de árvores adultas de *Anadenanthera macrocarpa* (DIAS *et al.*, 2015).

Para todas as técnicas de resgate vegetativo avaliadas observou-se que a maioria das brotações eram de hábito de crescimento ortotrópico, semelhante ao estudo de Wendling *et al.* (2009). No presente trabalho verificou-se apenas a formação de dois brotos plagiotrópicos, sendo um emitido na decepa e um no anelamento total. Isso demonstra resultados promissores, uma vez que a ocorrência de brotações plagiotrópicas dificulta e restringe sobremaneira a disponibilidade de material adequado para uso nas técnicas de propagação vegetativa, considerando-se o fato das mudas formadas terem seu crescimento desviado da direção vertical (NIKLES, 1961; PIRES *et al.*, 2013).

Como pode-se observar na Figura 1.6, houve variação de tamanho das brotações epicórmicas de acordo com a técnica de resgate vegetativo. As plantas com anelamento parcial apresentaram brotações durante os 13 meses avaliados, com maior quantidade de brotação na classe 0,2 a 5,0 cm exceto aos 300 dias de avaliação (setembro/2014) (FIGURA 1.6 - A). Já o anelamento total apresentou brotações durante 12 meses (FIGURA 1.6 - B). Nesta técnica, observou-se a presença de brotações na classe maior que 17 cm somente no período compreendido entre 120 a 210 dias, com médias inferiores a 5 brotações. Para a decepa, observou-se que a partir dos 360 dias de avaliação (novembro/2014) ocorreu uma maior quantidade de brotações para a classe maior que 17 cm (FIGURA 1.6 - C). O aumento do tamanho das brotações é de suma importância para o resgate vegetativo da espécie, pois viabiliza a coleta de propágulos para a estaquia. Sabe-se que o uso de brotações provenientes da base de plantas tende a propiciar melhores resultados para a propagação assexuada, refletindo em maior enraizamento e melhor qualidade do sistema radicular da muda produzida (PIJUT *et al.*, 2011; WENDLING *et al.*, 2014).

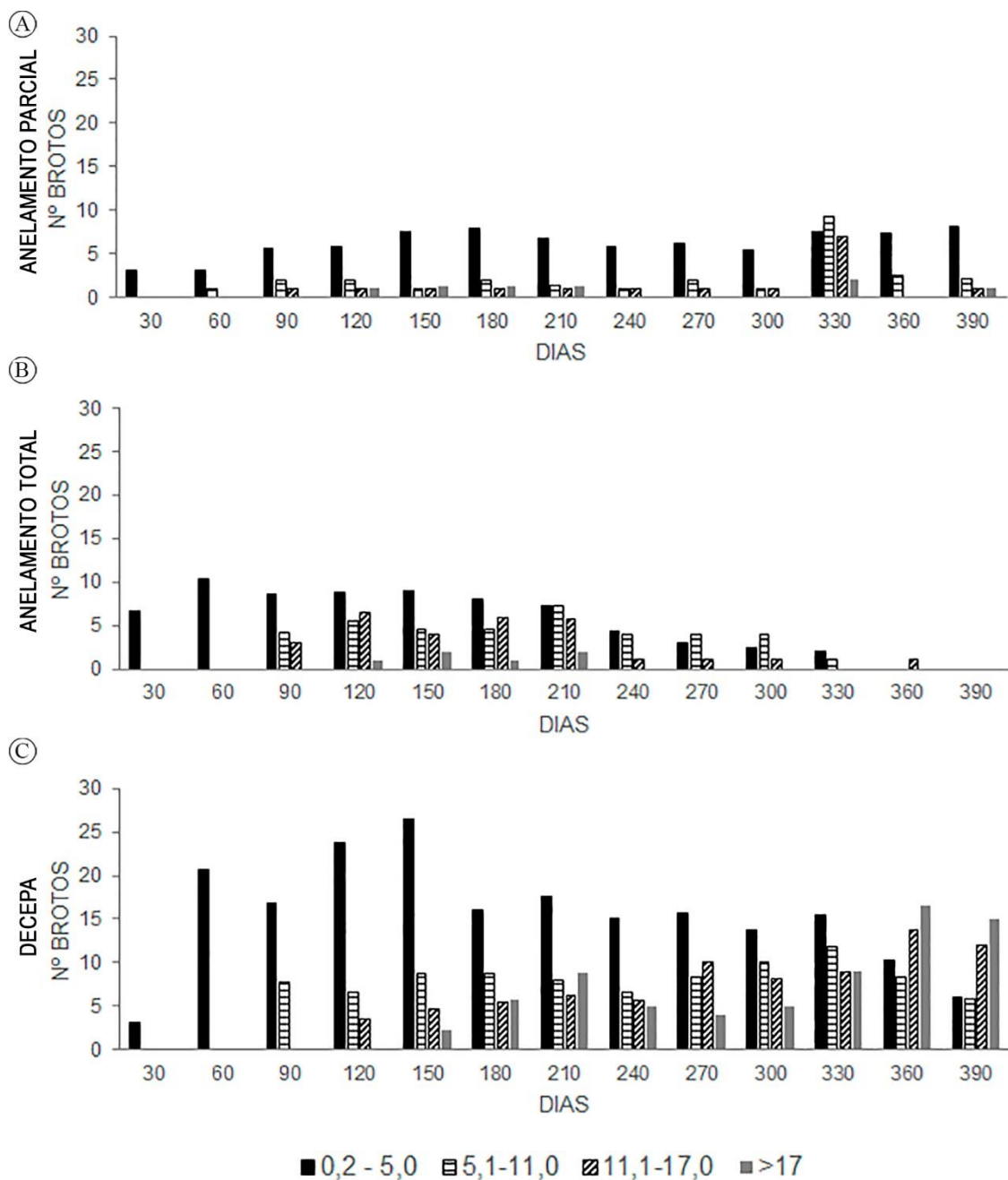


FIGURA 1.6 – VALORES MÉDIOS BROTAÇÕES EPICÓRMICAS POR CLASSES DE TAMANHO (CM) EMITIDAS EM ÁRVORES DE *A. angustifolia* SUBMETIDAS ÀS TÉCNICAS DE ANELAMENTO PARCIAL (A), ANELAMENTO TOTAL (B) E DECEPA (C) REALIZADAS EM NOVEMBRO/2013, AVALIADAS POR 14 MESES.

No mês de junho/2014 foi realizada a coleta de propágulos maiores que 17 cm com crescimento ortotrópico para a propagação vegetativa por estaquia em todas as técnicas de resgate vegetativo (TABELA 1.4). A decepa foi a técnica com maior produção de brotações dessa classe de tamanho e,

consequentemente, maior produção de estacas.

TABELA 1.4 - BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE CRESCIMENTO ORTOTRÓPICO (MAIORES QUE 17 CM) COLETADAS DE PLANTAS DE *A. angustifolia* SUBMETIDAS AS TÉCNICAS DE RESGATE VEGETATIVO: ANELAMENTO PARCIAL, ANELAMENTO TOTAL E DECEPA PARA PROPAGAÇÃO VIA ESTAQUIA, EM JUNHO/2014.

TÉCNICAS	BROTAÇÕES EPICÓRMICAS	
	Nº BROTO COLETADO	Nº ESTACAS PRODUZIDAS
ANELAMENTO PARCIAL	4	7
ANELAMENTO TOTAL	4	7
DECEPA	41	71

O maior número e tamanho das brotações com crescimento ortotrópico e, consequentemente, maior produção de estacas demonstram o grande potencial da técnica de decape para indução de brotações epicórmicas em árvores jovens de *A. angustifolia*, semelhante ao estudo de Wendling *et al.* (2009), embora esta técnica possa ser somente utilizada em plantas estabelecidas em plantios comerciais, em vista das restrições legais.

### 3.4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos concluiu-se que a decape de árvores jovens de *A. angustifolia* foi o método mais eficiente tecnicamente, proporcionando maior produção e maior crescimento das brotações. Quando há necessidade de manutenção da planta matriz recomenda-se a técnica de anelamento parcial, mesmo com baixa produção de brotos epicórmicos. As técnicas de resgate vegetativo foram eficientes na indução de brotações ortotrópicas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 445-453, 2007.

BADILLA, Y.; XAVIER, A.; MURILLO, O. Resgate vegetativo de árvores de *Tectona grandis* Linn F. pelo enraizamento de estacas. **Nativa**, v. 4, n. 2, p. 91-96, 2016.

BITENCOURT, J.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S. Enraizamento de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hill.) provenientes de brotações rejuvenescidas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 3, p. 277-281, 2009.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. p. 801-812.

DIAS, P. C.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S. de; FÉLIX, F. de A.; PIRES, I. E. Resgate vegetativo de árvores de *Anadenanthera macrocarpa*. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 83-89, 2015.

HARTMANN, H. T.; KERSTER, D. E.; DAVIES JR, F. T.; GENEVE, R. L. **PLANT PROPAGATION: principles and practices**. 8 ed. Boston: Prentice Hall. 2011. 915 p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. 2016. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 10 abril 2016.

KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Propagação vegetativa por enxertia em *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. **IPEF**, n. 11, p. 95-102, 1975.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.

NIKLES, D. G. *Araucaria cunninghamii* "bark-patch" grafting in the field. **Australian Forest Research**, n. 1, v. 1, p. 45-47, 1961.

PIJUT, P. M.; WOESTE, K. E.; MICHLER, C. H. Promotion of adventitious root formation of difficult-to-root hardwood tree species. **Horticultural Reviews**, v. 38, p. 213-251, 2011.

PIRES, P. P.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. Ácido indolbutírico e ortotropismo na miniestaquia de *Araucaria angustifolia*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 393-399, 2013.

RICKLI, H. C.; BONA, C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Origem de brotações epicórmicas e aplicação de ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de *Vochysia bifalcata* Warm. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 385-393, 2015.

SANTIN, D.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; BRONDANI, G. E.; REISSMANN, D. M.; ROVEDA, L. F. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 56, p. 97-104, 2008.

SARTORI, I. A.; ILHA, L. L. H. Anelamento e incisão anelar em fruteiras de caroço. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 724-729, 2005.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. A new version of the Assistat-Statistical Assistance Software. In: **World Congress on computers in agriculture**. Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p. 393-396.

STUEPP, C. A., BITENCOURT, J. de; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Propagação de erva-mate utilizando brotações de anelamento e decepa em matrizes de duas idades. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 519-526, 2015.

STUEPP, C. A., BITENCOURT, J. de; WENDLING, I.; KOEHLER, H. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Indução de brotações epicórmicas por meio de anelamento e decepa em erva-mate. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 1009-1022, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Armed, 2009. 848 p.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras**. Colombo: EMBRAPA Florestas. 2003. 45 p.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; HOFFMANN, H. A.; BETTIO, G.; HANSEL, F. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. **Agronomía Costarricense**, n. 33, v. 2, p. 309-319, 2009.

WENDLING, I.; TRUEMAN, S.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry-part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v.1, p.1-14, 2014.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 8, p. 187-194, 2001.

XAVIER, A.; DA SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A. Clonagem em espécies florestais nativas. In: ROCHA, M. G. B. **Melhoramento de espécies arbóreas nativas**. Belo Horizonte: Instituto Estadual de Florestas, 2002. 171p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 279 p.

#### 4 CAPÍTULO II: MÉTODOS DE BORBULHIA EM *Araucaria angustifolia* COM PORTA-ENXERTOS ESTABELECIDOS “INDOOR” E “OUTDOOR”<sup>5</sup>

##### RESUMO

Dentre as inúmeras qualidades da *Araucaria angustifolia*, espécie nativa e representativa do Sul do Brasil, está sua semente, denominada pinhão, com elevado valor nutricional para a alimentação humana. A espécie é dioica, leva de 12 a 15 anos para atingir a idade reprodutiva, não havendo métodos para predição do sexo anterior a esse período, com exceção do uso de enxertia. Assim, este estudo objetivou avaliar a viabilidade técnica da borbuhia em *A. angustifolia* em dois locais de estabelecimento dos porta-enxertos: “indoor” (casa de vegetação) e “outdoor” (campo), realizada em duas épocas do ano. Em outubro/2013 e abril/2014 foram realizados enxertos de plantas fêmeas adultas, utilizando as técnicas de borbuhia de placa e de flauta em porta-enxertos mantidos “indoor” e estabelecidos “outdoor”. Foram avaliadas a porcentagem de sobrevivência, porcentagem de enxertos com brotação e número de brotações até 300 dias após a enxertia (DAE). A borbuhia de placa realizada em outubro/2013 apresentou 82% de sobrevivência dos enxertos e 64% dos enxertos apresentavam brotações aos 180 DAE. A borbuhia de flauta apresentou o maior número de brotações (2,7 aos 120 DAE e 3,5 aos 180 DAE). O local de estabelecimento dos porta-enxertos não influenciou no sucesso da enxertia, sendo a técnica mais promissora a borbuhia de placa realizada em outubro devido a maior sobrevivência e menor demanda de material utilizado na propagação.

**Palavras-chave:** pinheiro-brasileiro, enxertia, casa de vegetação, pomar à campo

---

<sup>5</sup> Submetido na Revista Cerne



## ***Araucaria angustifolia* BUDDING TECHNIQUES ON “INDOOR” AND “OUTDOOR” STABLISHED ROOTSTOCKS**

### **ABSTRACT**

One of the most important among the numerous qualities of *Araucaria angustifolia*, a native and representative species from the South of Brazil, is its seed, called “pinhão” (araucaria nut), which presents high nutritional value for human consumption. The species is dioecious, taking 12 to 15 years to reach reproductive age, and there are no methods for predicting the plant sex before this period, with exception for the use of grafting. Therefore, the objective of this study was to evaluate *A. angustifolia* budding technical viability on two types of rootstocks established indoor (greenhouse) and outdoor (field), performed in two seasons of the year. In October/2013 and April/2014, grafts of adult female plants were performed, using patch and flute budding techniques in rootstocks maintained indoor and established outdoor. The percentage of survival, percentage of scions with shoots and number of shoots over 300 days after grafting (DAG) were evaluated. The patch budding performed in October/2013 showed 82% graft survival and 64% of the grafts presented shoots at 180 DAG. The flute budding showed highest number of shoots (2.7 at 120 DAE and 3.5 at 180 DAE). The place of rootstocks establishment did not influence the success of grafting, and the most promising technique is the patch budding performed in October due to higher survival and lower demand for propagation material needed.

**Key words:** Brazilian-pine, grafting, greenhouse, field orchard

## 4.1 INTRODUÇÃO

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), popularmente conhecida como araucária, pinheiro-brasileiro ou pinheiro-do-Paraná, é o principal componente arbóreo da Floresta Ombrófila Mista, como também em áreas de tensão ecológica com a Floresta Estacional Semi-decidual e a Floresta Ombrófila Densa (CARVALHO, 2003; MANTOVANI *et al.*, 2004). Atualmente, concentra-se em áreas reduzidas, pois restam menos de 5% da área original da Floresta Ombrófila Mista (IBAMA, 2014) e, devido à grande exploração madeireira e expansão agrícola, a espécie encontra-se inserida na lista brasileira de espécies ameaçadas de extinção (IUCN, 2013).

A espécie apresenta madeira de excelente qualidade, com boas características físicas e mecânicas (CARVALHO, 2003). Além disso, a semente comestível, conhecida como pinhão, é rica em carboidratos, amido, proteínas, fibras, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas (FRANCO, 2008), com alto potencial de utilização na tecnologia de alimentos (STAHL *et al.*, 2007). A exploração comercial de pinhões é uma alternativa viável e vantajosa, principalmente com a agregação de valor sobre o produto, sendo forma de conservação da espécie de maneira rentável e competitiva pela redução da exploração ilegal de áreas remanescentes (SILVEIRA *et al.*, 2011; ZANETTE *et al.*, 2011; DANNER *et al.*, 2012).

Ações proativas são necessárias para a conservação da espécie, como incentivos a produtores (BITTENCOURT, 2007) e a formação de bancos de germoplasma, com identificação, seleção e clonagem de árvores de alta produção de pinhões ou de madeira (ANSELMINI; ZANETTE, 2012).

Salienta-se a demora para a produção de pinhões de *A. angustifolia*, a qual é uma espécie dioica, onde as plantas produzidas por sementes chegam à fase reprodutiva com aproximadamente 12 a 15 anos de idade (CARVALHO, 2003; ZANETTE *et al.*, 2011), sem existência de métodos para definição prévia de seu sexo. Diante disso, faz-se necessário o uso da técnica de enxertia para a instalação efetiva de pomares de produção de pinhão com mudas de qualidade conhecida e de produção precoce (WENDLING, 2011; ZANETTE *et al.*, 2011).

A enxertia em *A. angustifolia* é estudada há décadas (GURGEL; GURGEL-FILHO, 1967; KAGEYAMA; FERREIRA 1975; WENDLING, 2011; ZANETTE *et al.*, 2011), com relatos de florescimento de plantas masculinas aos quatro anos (WENDLING, 2011) e femininas aos 6,5 anos (WENDLING, 2015) após a enxertia por garfagem de topo. Porém, são incipientes os trabalhos realizados para a produção de mudas de *A. angustifolia* em larga escala pelo método de borbúlia, ainda mais utilizando-se borbúlia de flauta, com o objetivo de produção de brotações múltiplas, bem como, a enxertia diretamente em campo.

Quando a enxertia é realizada diretamente a campo é uma prática promissora para espécies como erva-mate e videira (WENDLING *et al.*, 2004; AGUIAR *et al.*, 2006), apresentando como principal vantagem em relação àquela de viveiro, a formação de um sistema radicular mais desenvolvido, resultando no desenvolvimento rápido e uniforme das brotações e um crescimento vigoroso, com maior facilidade e rapidez na formação da parte aérea da planta (AGUIAR *et al.*, 2006). No entanto, segundo os mesmos autores, ao ser realizada a campo causa maiores custos devido ao maior tempo de manutenção do porta-enxerto, até que este esteja apto para a enxertia, bem como um maior risco de falhas na realização da técnica.

Tendo em vista a morosidade para a entrada em produção que *A. angustifolia* possui, o uso de técnicas de propagação que antecipem o período reprodutivo poderá contribuir para a formação de pomares clonais, redução do porte das plantas, maior precocidade na produção de sementes, desde que utilizados propágulos adultos como enxertos advindos de plantas selecionadas em termos de qualidade e de sexo definido (WENDLING, 2015). Porém, é necessário verificar a viabilidade e o domínio da técnica de enxertia a ser utilizada, fato que contribuiria para a otimização do tempo necessário para a multiplicação em escala comercial (KOTZ *et al.*, 2011b).

Com base no exposto, se objetivou com o presente estudo avaliar a viabilidade de dois métodos de enxertia em *A. angustifolia* (borbúlia de placa e de flauta) com propágulos adultos, realizados em duas épocas do ano e em porta-enxertos estabelecidos “indoor” e “outdoor”.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em duas épocas do ano: outubro/2013 e abril/2014 no Laboratório de Propagação de Espécies Florestais e áreas próximas da Embrapa Florestas, localizada em Colombo - PR. Foram estudadas duas técnicas de enxertia: borbulhia de placa e de flauta; e em dois locais de estabelecimento dos porta-enxertos: “outdoor” (casa de vegetação) e “indoor” (estabelecidos em campo).

Os porta-enxertos utilizados nos experimentos foram provenientes de material de origem seminal, com aproximadamente 3 anos de idade em outubro/2013. Os mantidos “outdoor” foram plantados em área experimental com espaçamento de 3 m x 0,5 m. Os mantidos “indoor” foram produzidos em sacos plásticos de 7L com substrato comercial a base de casca de pinus, recebendo três irrigações diárias de 15 minutos.

Os enxertos utilizados foram coletados de ramos adultos com “tendência de crescimento ortotrópico”, segundo definição de Wendling (2011), contendo de 30 a 45 centímetros de comprimento, retirados de árvores matrizes enxertadas e já estabelecidas a campo. As referidas matrizes foram enxertadas com uma planta fêmea adulta (de aproximadamente 30 anos idade) pela técnica de garfagem de fenda cheia, realizada no ano de 2007 (WENDLING, 2011). No momento da instalação do experimento, os ramos foram coletados e acondicionados em caixa de isopor contendo água a fim de evitar a desidratação, sendo que suas acículas foram retiradas somente no momento da enxertia.

Para ambas as técnicas, a enxertia foi realizada na região subapical do tronco do porta-enxerto. As borbulhas de placa apresentavam aproximadamente 3 cm de comprimento e 1 cm de largura, com 6 a 8 acículas com região axilar (FIGURA 2.1 – A). Já as borbulhas de flauta apresentavam aproximadamente 2 cm de comprimento e 3 cm de largura, com 10 a 12 acículas com região axilar (FIGURA 2.1 - B).

Para a borbulhia de placa, os enxertos foram encaixados em janela aberta no porta-enxerto, com superfície idêntica (FIGURA 2.1 - C). Para borbulhia de flauta foram realizadas duas incisões circulares e uma vertical, de modo a retirar um anel de casca para encaixe do enxerto (FIGURA 2.1 - D). Após o encaixe, para ambas as técnicas, a borbulha foi fixada com fitilho plástico, mantendo-se a parte aérea do porta-enxerto (FIGURA 2.1 – E).

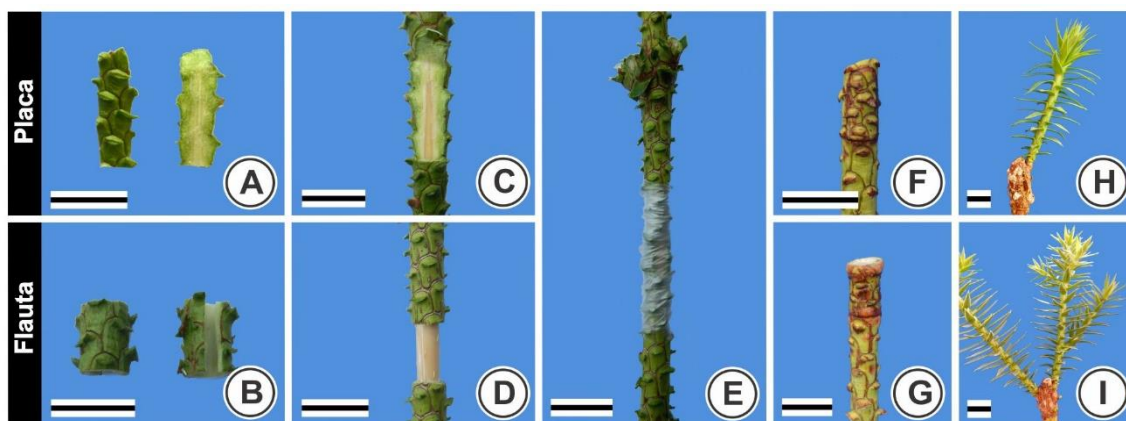


FIGURA 2.1 - MÉTODOS DE BORBULHIA EM *A. angustifolia*. DETALHES DA VISTA FRONTAL E DO VERSO DA BORBULHA DE PLACA (A) E DE FLAUTA (B); REGIÃO DE ENCAIXE DO ENXERTO NO PORTA-ENXERTO NA BORBULHIA DE PLACA (C) E DE FLAUTA (D); FIXAÇÃO COM FITILHO PLÁSTICO (E); AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DA BORBULHIA DE PLACA (F) E DE FLAUTA (G); BROTAÇÃO EM ENXERTO REALIZADO POR BORBULHIA DE PLACA (H) E DE FLAUTA (I). ESCALA = 2 CM. FOTOS: A AUTORA

Ressalta-se que, para a confecção da borbulhia de placa e de flauta, levou-se em consideração o diâmetro do porta-enxerto, sendo que os enxertos foram realizados com tamanho e diâmetro coincidente a janela do porta-enxerto. A borbulhia de flauta foi confeccionada de maneira que envolvesse totalmente o lenho do porta-enxerto, encaixando-se na janela, tentando deixar as duas extremidades verticais do enxerto mais próximas possível.

Transcorridos 45 dias após a enxertia (DAE), procedeu-se a retirada do fitilho e poda da parte aérea remanescente do porta-enxerto logo acima da borbulha. A primeira avaliação ocorreu aos 60 DAE, constando da porcentagem de sobrevivência (FIGURA 2.1 – F, G), vigor dos enxertos por meio da porcentagem de enxertos com brotação (FIGURA 2.1 – H, I) e o número de brotações por enxerto. As avaliações foram realizadas mensalmente até os 300

DAE. Durante esse período foram realizadas a remoção das brotações formadas nos porta-enxertos a fim de evitar a competição com brotações do enxerto.

O experimento foi conduzido em um delineamento em blocos ao acaso, com arranjo fatorial dos tratamentos  $2 \times 2 \times 2$  (2 épocas de instalação x 2 técnicas de borbulhia x 2 locais de estabelecimento dos porta-enxertos) com quatro repetições contendo 10 plantas por unidade experimental para outubro/2013 e 8 plantas para abril/2014, totalizando 288 enxertos. As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ( $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ ) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), com o auxílio do *software* estatístico ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009).

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora as avaliações do experimento ocorressem até os 300 DAE, os resultados apresentados referem-se até os 180 DAE, visto a estabilização dos dados a partir desse período, com base na análise estatística. Para a sobrevivência dos enxertos, houve interação significativa ( $P < 0,01$ ) entre as épocas de enxertia e técnicas de borbulhia dos 90 aos 180 dias. Aos 60 DAE observou-se que os fatores época e técnica de borbulhia isoladamente mostraram influência significativa, contrariamente ao local de estabelecimento dos porta-enxertos. (APÊNDICE 2.1).

Aos 60 DAE observou-se que, para a sobrevivência dos enxertos, os fatores época e técnica de borbulhia são independentes, não havendo diferenças significativas para o local de estabelecimento dos porta-enxertos. Quando a enxertia foi realizada em outubro/2013 observou-se um maior percentual de sobrevivência dos enxertos, com 92 %, diferindo significativamente daquele de abril/2014 (TABELA 2.1). Esse fato pode ser devido à baixa atividade metabólica das plantas em abril/2014 (outono), apresentando-se em repouso vegetativo, o que pode ter prejudicado a divisão celular para a formação de calos na região da enxertia, ocasionando o menor percentual de sobrevivência. Com relação às

técnicas de enxertia utilizadas, a borbulhia de flauta (87 %) apresentou índices significativamente superiores aos da borbulhia de placa (74 %), aos 60 DAE.

Quando a enxertia por borbulhia de placa realizada em outubro/2013 observou-se sobrevivência dos enxertos significativamente superior (médias acima de 80%) para todas as avaliações a partir dos 90 DAE, em comparação a abril/2014 e a borbulhia de flauta realizada em outubro/2013 (TABELA 2.2). Para a borbulhia de placa, esse fato pode ser devido à baixa atividade metabólica das plantas em abril/2014 (outono), apresentando-se em repouso vegetativo, o que pode ter prejudicado a divisão celular para a formação de calos na região da enxertia.

Com relação a época de realização de enxertia, para a borbulhia de flauta verificou-se índices de sobrevivência significativamente superiores para abril/2014 a partir da avaliação aos 90 DAE até os 150 DAE, diferentemente de outubro/2013 (TABELA 2.2). Devido ao maior tamanho da borbulha que esta técnica apresenta, as temperaturas amenas de abril/2014 podem influenciado positivamente, não ocasionando desidratação dos tecidos, possibilitando a maior sobrevivência dos enxertos.

TABELA 2. 1 - PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE ENXERTOS DE *A. angustifolia* PARA ÉPOCA DE REALIZAÇÃO DE ENXERTIA (OUTUBRO/2013 E ABRIL/2014) E PARA A TÉCNICA UTILIZADA (BORBULHIA DE PLACA E DE FLAUTA) AOS 60 DAE.

60 DAE			
ÉPOCA	% SOBREVIVÊNCIA	TÉCNICA	% SOBREVIVÊNCIA
OUTUBRO/2013	92 a*	BORBULHIA DE PLACA	74 b*
ABRIL/2014	68 b	BORBULHIA DE FLAUTA	87 a
C.V. (%)	21,27		

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA, MINÚSCULA NA VERTICAL, NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE

DAE = DIAS APÓS A ENXERTIA

C.V. (%) = COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

TABELA 2.2 - PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE ENXERTOS DE *A. angustifolia* EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE REALIZAÇÃO DE ENXERTIA (OUTUBRO/2013 E ABRIL/2014) E TÉCNICA UTILIZADA (BORBULHIA DE PLACA E DE FLAUTA) AOS 90, 120, 150 E 180 DAE.

90 DAE		
ÉPOCA	TÉCNICA	
	BORBULHIA DE PLACA	BORBULHIA DE FLAUTA
OUTUBRO/2013	85 aA*	50 bB
ABRIL/2014	52 bB	69 aA
C.V. (%)	25,27	
120 DAE		

ÉPOCA	TÉCNICA	
	BORBULHIA DE PLACA	BORBULHIA DE FLAUTA
OUTUBRO/2013	82 aA	41 bB
ABRIL/2014	52 bA	64 aA
C.V. (%)	29,74	
150 DAE		
ÉPOCA	TÉCNICA	
	BORBULHIA DE PLACA	BORBULHIA DE FLAUTA
OUTUBRO/2013	82 aA	36 bB
ABRIL/2014	47 bA	58 aA
C.V. (%)	35,41	
180 DAE		
ÉPOCA	TÉCNICA	
	BORBULHIA DE PLACA	BORBULHIA DE FLAUTA
OUTUBRO/2013	82 aA	35 aB
ABRIL/2014	41 bA	52 aA
C.V. (%)	37,29	

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA, MINÚSCULA NA VERTICAL E MAIÚSCULA NA HORIZONTAL, NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE  
DAE = DIAS APÓS A ENXERTIA  
C.V. (%) = COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

Ao longo do período de avaliações aparentemente houve redução da sobrevivência dos enxertos em todos os tratamentos com estabilização dos resultados a partir dos 180 DAE. A referida redução foi mais drástica para a borbulhia de flauta em outubro/2013 da avaliação dos 60 aos 90 DAE, de 50 para 35 % de sobrevivência, podendo indicar a necessidade de maior tempo de permanência dos fitilhos, o que também poderia vir a diminuir a mortalidade dos enxertos de placa. Esses resultados podem estar associados a uma soldadura incompleta do enxerto, deixando-o passível à oxidação e infiltração de umidade (YIN *et al.*, 2012). Essa redução ao longo de um período de avaliação também foi observada em outros trabalhos com borbulhia de placa (KOTZ *et al.*, 2011a; b; WENDLING *et al.*, 2016), supondo-se que havia uma má cicatrização da borbulha, acarretando em morte do enxerto. Porém, são necessários estudos adicionais para esclarecer esses efeitos.

Semelhantemente ao presente trabalho, Wendling *et al.* (2016) relatam a redução da sobrevivência em enxertos de *A. angustifolia* pela técnica de borbulhia de flauta ao longo das avaliações. Para a mesma época de realização da enxertia (abril/2011) os referidos autores observaram sobrevivência de aproximadamente 90% aos 30 DAE e de aproximadamente 65% aos 120 DAE.



A respeito da técnica de borbulhia de placa, os trabalhos publicados com *A. angustifolia* relatam sobrevivência de 100% dos enxertos no inverno (KAGEYAMA; FERREIRA, 1975) aos 210 DAE, 65% no outono e apenas 20% na primavera (ZANETTE *et al.*, 2011) aos 120 DAE, com enxertos de ramos ortotrópicos em condições de estufa, e 25% de sobrevivência quando realizada em abril/2011 (WENDLING *et al.*, 2016). Já o presente trabalho apresentou maiores médias de sobrevivência quando a enxertia foi realizada na primavera (outubro/2014) com aproximadamente 82% de sobrevivência dos 120 aos 180 DAE utilizando-se borbulhia de placa, a qual geralmente é a melhor época para a realização de enxertia em frutíferas (HARTMANN *et al.*, 2011). Segundo os mesmos autores, o sucesso nessa época está relacionado com temperaturas amenas e pelo câmbio vascular estar na forma ativa, em plena atividade metabólica e mitótica, onde tecidos cicatrizam com maior facilidade.

Uma hipótese para a diferença dos resultados de sobrevivência dos enxertos observado no trabalho de Zanette *et al.* (2011) em comparação ao presente estudo pode ser atribuída ao fato das diferentes origens do material dos enxertos. O referido trabalho utilizou brotações do tronco e de ramos de árvores adultas, enquanto que no presente estudo utilizou-se plantas enxertadas como fonte de propágulos, caracterizando o experimento como uma enxertia seriada.

É de conhecimento que o revigoramento de tecidos adultos pode ser induzido por meio de enxertia (ALFENAS *et al.*, 2004), enxertia seriada e práticas culturais (WENDLING; XAVIER, 2001; WENDLING *et al.*, 2014). Revigoramento refere-se apenas ao retorno da planta a um estado de alto vigor fisiológico, muitas vezes confundido com o rejuvenescimento (WENDLING; XAVIER, 2001). Assim, supõe-se que os ramos utilizados como enxertos no presente trabalho apresentavam-se mais vigorosos e, conseqüentemente, com maior potencial para sobrevivência, por serem coletados de uma planta enxertada, em comparação aos ramos do estudo de Zanette *et al.* (2011).

O local de estabelecimento dos porta-enxertos não interferiu na sobrevivência dos enxertos. Sendo assim, não há necessidade de uso de um ambiente controlado de temperatura, umidade e luminosidade (casa de vegetação) para o sucesso da técnica, podendo esta ser realizada diretamente

num pomar a campo, facilitando a produção de mudas. Destaca-se na literatura a importância do desenvolvimento da técnica em mudas “outdoor”, ou seja, diretamente à campo, a fim de evitar ou diminuir a ocorrência de problemas como perda de vigor devido ao enovelamento do sistema radicular em porta-enxertos produzidos em recipientes (AGUIAR *et al.*, 2006; WENDLING *et al.*, 2009). Resultados positivos do uso de enxertia realizada em plantas “outdoor” já foram evidenciados por Wendling *et al.* (2009) e Santin *et al.* (2015) em *Ilex paraguariensis* e Reis *et al.* (2010) em pessegueiro (*Prunus persica* L. Batsch.) cv. “Diamante”.

A porcentagem de enxertos com brotações mostrou interação significativa entre as épocas de enxertia e os locais de estabelecimento dos porta-enxertos aos 90 e 120 DAE e entre as técnicas de borbulhia e os locais de estabelecimento dos porta-enxertos aos 90 DAE. Aos 150 e 180 DAE houve apenas interação significativa entre as épocas de realização de enxertia e as técnicas (APÊNDICE 2.2).

De modo diferente da sobrevivência, a emissão de brotações dos enxertos ao longo das avaliações não mostrou tendência clara. Aos 90 DAE houve maior porcentagem de enxertos com brotação quando realizada em outubro/2013 em porta-enxertos “outdoor” (56 %), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (TABELA 2.3). Já para as técnicas, nessa mesma época de avaliação, não houve diferença significativa para borbulhia de placa em porta-enxertos “outdoor”, borbulhia de flauta em porta-enxertos “indoor” e “outdoor” (TABELA 2.3).

Aos 120 DAE (TABELA 2.3), observa-se um maior número de enxertos com brotações quando realizada enxertia em outubro/2013 em porta-enxertos “outdoor” (58 %), diferindo dos demais tratamentos. Porém, a partir dos 150 DAE a interferência do local sobre essa variável desapareceu. Aos 150 e 180 DAE (TABELA 2.3) verifica-se que para as duas épocas de execução de enxertia houve diferenças significativas entre os tipos de borbulhia. Para outubro/2013 os maiores percentuais foram para a borbulhia de placa enquanto que para abril/2014 destacou-se a borbulhia de flauta.

TABELA 2.3 - PORCENTAGEM DE ENXERTOS COM BROTAÇÃO EM *A. angustifolia* AOS 90, 120, 150 E 180 DAE.

90 DAE		
ÉPOCA	LOCAL	
	“INDOOR”	“OUTDOOR”
OUTUBRO/2013	29 aB*	56 aA
ABRIL/2014	6,2 bA	0 bA
C.V. (%)	35,37	
120 DAE		
ÉPOCA	LOCAL	
	“INDOOR”	“OUTDOOR”
BORBULHIA DE PLACA	10 bB	28 aA
BORBULHIA DE FLAUTA	25 aA	29 aA
C.V. (%)	51,44	
150 DAE		
ÉPOCA	TÉCNICA	
	BORBULHIA DE PLACA	BORBULHIA DE FLAUTA
OUTUBRO/2013	64 aA	36 bB
ABRIL/2014	19 bB	54 aA
C.V. (%)	38,83	
180 DAE		
ÉPOCA	TÉCNICA	
	BORBULHIA DE PLACA	BORBULHIA DE FLAUTA
OUTUBRO/2013	68 aA	35 aB
ABRIL/2014	20 bB	48 aA
C.V. (%)	39,11	

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA, MINÚSCULA NA VERTICAL E MAIÚSCULA NA HORIZONTAL, NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE

DAE = DIAS APÓS A ENXERTIA

C.V. (%) = COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

A emissão de brotações iniciou-se próximo aos 90 DAE, com exceção da enxertia realizada em abril/2014 em porta-enxertos “outdoor” que não apresentavam brotações. Na época da primavera Zanette *et al.* (2011) verificaram que as brotações de borbúlia de placa iniciaram-se apenas 6 meses após a enxertia, contrariamente ao presente estudo. Pode-se supor que, para o presente estudo, as acículas com região axilar do enxerto utilizado apresentavam-se com alta atividade fisiológica, as quais, após reestabelecerem seu sistema de condução, iniciaram rapidamente o desenvolvimento de brotações, confirmando o sucesso da enxertia.

Para o número de brotações por enxerto observou-se interação significativa entre época de enxertia e local de estabelecimento dos porta-

enxertos somente na avaliação aos 90 e 150 DAE (APÊNDICE 2.3), destacando-se outubro/2013 aos 90 DAE nos dois locais (TABELA 2.4). Não houve interação significativa para as demais avaliações, porém houveram diferenças significativas entre os tratamentos, dentro de cada avaliação (APÊNDICE 2.3). Aos 150 DAE, a enxertia em abril/2014 em porta-enxertos “indoor” foi superior aos demais, com média de 3,6 brotos por enxerto (TABELA 2.4). A enxertia “indoor” foi superior a “outdoor” na avaliação aos 120 DAE (TABELA 2.5).

Quanto ao número de brotações por enxerto, aos 90 DAE e 150 DAE houve interação significativa entre o local e a época de realização da enxertia, destacando-se “outdoor” em outubro/2013 aos 90 DAE (1,6 brotos) (TABELA 1.4) e “indoor” em abril de 2014 aos 150 DAE (3,6 brotos) (TABELA 1.4). Aos 120 DAE (TABELA 2.5) e 180 DAE (TABELA 2.6) pode-se observar que a melhor época de realização de enxertia para desenvolvimento de brotos foi em outubro/2013 (2,8 aos 120 DAE e 3 aos 180 DAE) e a melhor técnica para desenvolvimento de brotações a borbulhia de flauta (2,7 aos 120 DAE e 3,5 aos 180 DAE). Esse maior número de brotos que a borbulhia de flauta apresenta é devido a maior quantidade de gemas axilares presentes no enxerto quando comparada com a borbulhia de placa. Quanto ao local, aos 120 DAE destacaram-se as plantas mantidas em ambiente “indoor” (2,5 brotos) (TABELA 1.5).

TABELA 2.4 - NÚMERO DE BROTAÇÕES POR ENXERTO DE *A. angustifolia* EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE REALIZAÇÃO DE ENXERTIA (OUTUBRO/2013 E ABRIL/2014) E LOCAL DE ESTABELECIMENTO DOS PORTA-ENXERTOS (“INDOOR” E “OUTDOOR”) AOS 90 E 150 DAE.

ÉPOCA	90 DAE	
	LOCAL	
	“INDOOR”	“OUTDOOR”
OUTUBRO/2013	1,1 aA*	1,6 aA
ABRIL/2014	0,5 bA	0,0 bA
C.V. (%)	71,47	
ÉPOCA	150 DAE	
	LOCAL	
	“INDOOR”	“OUTDOOR”
OUTUBRO/2013	1,4 bA	1,5 bA
ABRIL/2014	3,6 aA	2,4 aB
C.V. (%)	27,95	

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA, MINÚSCULA NA VERTICAL E MAIÚSCULA NA HORIZONTAL, NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE

DAE = DIAS APÓS A ENXERTIA

C.V. (%) = COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

TABELA 2. 5 - NÚMERO DE BROTAÇÕES POR ENXERTO DE *A. angustifolia* PARA A ÉPOCA DE REALIZAÇÃO DE ENXERTIA (OUTUBRO/2013 E ABRIL/2014), TÉCNICA UTILIZADA (BORBULHIA DE PLACA E DE FLAUTA) E LOCAL DE ESTABELECIMENTO DOS PORTA-ENXERTOS (“INDOOR” E “OUTDOOR”) AOS 120 DAE.

120 DAE	
ÉPOCA	Nº DE BROTO
OUTUBRO/2013	2,8 a*
ABRIL/2014	1,3 b
TÉCNICA	Nº DE BROTO
BORBULHIA DE PLACA	1,4 b
BORBULHIA DE FLAUTA	2,7 a
LOCAL	Nº DE BROTO
“INDOOR”	2,6 a
“OUTDOOR”	1,5 b
C.V. (%)	52,57

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA NA COLUNA NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE

DAE = DIAS APÓS A ENXERTIA

C.V. (%) = COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

TABELA 2. 6 - NÚMERO DE BROTAÇÕES POR ENXERTO DE *A. angustifolia* PARA A ÉPOCA DE REALIZAÇÃO DE ENXERTIA (OUTUBRO/2013 E ABRIL/2014) E TÉCNICA UTILIZADA (BORBULHIA DE PLACA E DE FLAUTA) AOS 180 DAE.

180 DAE	
ÉPOCA	Nº DE BROTO
OUTUBRO/13	3,0 a*
ABRIL/14	1,9 b
TÉCNICA	Nº DE BROTO
BORBULHIA DE PLACA	1,5 b
BORBULHIA DE FLAUTA	3,4 a

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA NA COLUNA NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE

DAE = DIAS APÓS A ENXERTIA

C.V. (%) = COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

O sucesso do uso da borbulhia de placa comparada a de flauta pode ser vantajoso devido ao menor tamanho necessário para confecção do enxerto, proporcionando uma maior produtividade em plantas enxertadas por ramo de material propagado. Há também uma maior facilidade para o enxertador na execução da técnica, assim como maior chance de compatibilidade de tamanho (diâmetro) entre o porta-enxerto e a borbulha, uma vez que para borbulhia de

flauta o encaixe perfeito é difícil devido a diferenças do diâmetro do lenho, ocasionando dificuldades na fixação do enxerto.

A técnica de borbulhia de placa também tem mostrado resultados satisfatórios para a enxertia de espécies como *Araucaria cunninghamii* Sweet, pessegueiro (*Prunus persica*) cv “Diamante” e figueira (*Ficus carica* L.) ‘Roxo de Valinhos’ (NIKLES, 1961; REIS *et al.*, 2010; KOTZ *et al.*, 2011b). Essa técnica é considerada como de fácil execução e demanda menor quantidade de material a ser propagado, produzindo maior quantidade de mudas.

O fato da borbulhia de flauta ter promovido porcentagens de sobrevivência baixas quando comparadas a borbulhia de placa realizada em outubro/2013 pode estar relacionado à maior área de soldadura que esse tipo de borbulha exige, podendo não ocorrer por completo, tornando-a mais sensível à dessecação. Além disso, no momento da realização da enxertia pode ter sido realizado um corte mais profundo na medula do porta-enxerto, comprometendo a condução xilemática e prejudicando a regeneração dos tecidos vasculares. Porém, o maior número de brotos que a técnica apresenta com a relação a borbulhia de placa pode ser vantajoso devido a formação de mais ramos por enxerto para a produção de pinhão. No entanto, estudos devem ser realizados com relação aos dados de produção para a confirmação desta hipótese.

No presente estudo foi observada uma constância nos resultados das variáveis analisadas a partir dos 180 DAE até os 300 DAE, sem incidência de sintomas de rejeição. Isso sugere que, a partir de 180 DAE, o uso desses tipos de borbulhia não estejam sujeitos a mortalidade para *A. angustifolia*. Os resultados apresentados são promissores para a produção de mudas selecionadas de *A. angustifolia* em larga escala pelo método de enxertia visando produção de sementes em menor tempo.

#### 4.4 CONCLUSÕES

Nas condições do presente estudo pode-se concluir que:

A borbulhia de placa realizada em outubro é a técnica mais promissora para enxertia de *A. angustifolia* com maior sobrevivência e brotação, sendo a recomendada também devido a menor demanda de material utilizado na propagação.

Não é necessário um ambiente controlado para as técnicas de borbulhia utilizadas, podendo ser realizada tanto em porta-enxertos estabelecidos à campo quanto em casa de vegetação.

Após os 180 DAE há uma estabilização do percentual de sobrevivência dos enxertos, não havendo perdas na produção de mudas enxertadas após este período.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, R. S.; NEVES, C. S. V. J.; ROBERTO, S. R.; SANTOS, C. E.; GENTA, W. Arquitetura do sistema radicular do porta-enxerto de videira 'IAC 766' na época de transplante do viveiro para o campo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 402-405, 2006.

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A.; MAFIA, R. G.; DE ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 442 p.

ANSELMINI, J. I.; ZANETTE, F. Polinização controlada em *Araucaria angustifolia*. **Cerne**, v. 18, n. 2, p. 247-255, 2012.

BITTENCOURT, J. V. M. Proposta para conservação genética da *Araucaria angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 55, p. 87-93, 2007.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. p. 801-812.

DANNER, M. A.; ZANETTE, F.; RIBEIRO, J. Z. O cultivo da araucária para produção de pinhões como ferramenta para a conservação. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 441-451, 2012.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. 307 p.

GURGEL, J. T. A.; GURGEL-FILHO, C. A. Métodos de enxertia para o pinheiro brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Ktze., visando à formação de pomares de sementes. **Sivilcultura em São Paulo**, v. 6, p. 153-155, 1967.

HARTMANN, H. T.; KERSTER, D. E.; DAVIES JR, F. T.; GENEVE, R. L. **PLANT PROPAGATION: principles and practices**. 8 ed. Boston: Prentice Hall. 2011. 915 p.

IBAMA. **Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite**. 2014. Disponível em:



<<http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/mataatlantica/index.htm>>. Acesso em: 04 set. 2014.

IUCN. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2013.2. Disponível em: <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Acesso em 28 nov. 2014.

KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Propagação vegetativa por enxertia em *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. **IPEF**, n. 11, p. 95-102, 1975.

KOTZ, T. E.; PIO, R.; CAMPAGNOLO, M. A.; CHAGAS, E. A.; DALASTRA, I. M. Enxertia em figueira 'Roxo de Valinhos' por borbúlia e garfagem. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 344-348, 2011a.

KOTZ, T. E.; PIO, R.; CHAGAS, E. A.; CAMPAGNOLO, M. A.; BETTIOL NETO, J. E.; TADEU, M. H. Época de coleta das estacas, do uso de fitorregulador de enraizamento e de diferentes tipos de enxertos na produção de mudas de figueira 'Roxo de Valinhos'. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 31-38, 2011b.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, L. P. C.; REIS, M. S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 787-796, 2004.

NIKLES, D. G. *Araucaria cunninghamii* "bark-patch" grafting in the field. **Australian Forest Research**, n. 1, v. 1, p. 45-47, 1961.

REIS, J. M. R., CHALFUN, N. N. J., REIS, M. A. Métodos de enxertia e ambientes na produção de mudas de pessegueiro cv. 'Diamante'. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 2, p. 200-205, 2010.

SANTIN, D.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; MORANDI, D. Nursery and field serial grafting of *Ilex paraguariensis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, p. 409-418, 2015.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. A new version of the Assistat-Statistical Assistance Software. In: **World Congress on computers in agriculture**. Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p. 393-396.

SILVEIRA, E. R.; JAMHOUR, J.; FERRONATO, M. L.; XAVIER, E.; CALGARO, E. V. S. Situação das famílias na extração e comercialização do pinhão no sudoeste do Paraná. **Synergismus Scyentifica**, v. 6, n. 1, 2011.

STAHL, J. A.; LOBATO, L. P.; BOCHI, V. C.; KUBOTA, E. H.; GUTKOSKI, L. C.; EMANUELLI, T. Physicochemical properties of Pinhão (*Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze) starch phosphates. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 1206-1214, 2007.

WENDLING, I. **Enxertia e florescimento precoce em *Araucaria angustifolia***. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 7p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 272). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/41903/1/CT272.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

WENDLING, I. **Tecnologia de enxertia de *Araucaria angustifolia* para produção precoce de pinhões**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 7 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 351). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125311/1/CT-351-lvar.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

WENDLING, I.; HOFFMANN, H.; LIRA, A. Influência da técnica e da origem do propágulo na enxertia de campo de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire). **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 49, p. 47-60, 2004.

WENDLING, I.; LAVORANTI, O. J.; RESENDE, M. D. V.; HOFFMANN, H. A. Seleção de matrizes e tipo de propágulo na enxertia de substituição de copa em *Ilex paraguariensis*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 811-819, 2009.

WENDLING, I.; STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. *Araucaria angustifolia* grafting: techniques, environments and origin of propagation material. **Bosque**, v. 37, n. 2, p. 285-293, 2016.

WENDLING, I.; TRUEMAN, S. J.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry—part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v. 45, n. 4, p. 473-486, 2014.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 187-194, 2001.

YIN, H.; YAN, B.; SUN, J.; JIA, P.; ZHANG, Z.; YAN, X.; CHAI, J.; REN, Z.; ZHENG, G.; LIU, H. Graft-union development: a delicate process that involves cell–cell communication between scion and stock for local auxin accumulation. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, p. 4219–4232, 2012.

ZANETTE, F.; OLIVEIRA, L. da S.; BIASI, L. A. Grafting of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze through the four seasons of the year. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1364-1370, 2011.

## 5 CAPÍTULO III: ANÁLISE VISUAL E ANATÔMICA DA QUALIDADE DA SOLDADURA X SOBREVIVÊNCIA DE ENXERTOS DE *Araucaria angustifolia*<sup>6</sup>

### RESUMO

Devido ao início tardio da frutificação que *Araucaria angustifolia*, em média de 12 a 15 anos, a enxertia é uma alternativa para a produção precoce de sementes em plantas de porte reduzido. Entretanto, há ausência de uma avaliação da qualidade de soldadura dos enxertos da espécie. O objetivo deste trabalho consistiu em elaborar uma classificação da qualidade de soldadura para a prever porcentagem de sobrevivência dos enxertos. Foram realizadas as técnicas de borbulhia de placa e de flauta em porta-enxertos mantidos em casa de vegetação e estabelecidos à campo, avaliando a porcentagem de sobrevivência até os 270 dias após a enxertia (DAE). Aos 60 DAE foram realizadas observações a vista desarmada da região de união dos enxertos, classificando-os em quatro classes de soldadura. Após 160 DAE, foram realizados cortes transversais de cada classe, avaliados visual e anatomicamente. A borbulhia de flauta apresentou maior sobrevivência inicial (79%), porém aos 180 DAE os percentuais para as duas técnicas foram semelhantes, com 48% para borbulhia de flauta e 41% para borbulhia de placa. Para ambas as borbulhias utilizadas houve maior sobrevivência dos enxertos na classe em que houve união em apenas duas regiões de contato do enxerto e porta-enxerto com descontinuidade na casca. Independente da classe de soldadura, ocorre a estabilização da sobrevivência dos enxertos após 180 DAE. Visualmente, houve diferença na qualidade de soldadura, no entanto, anatomicamente, todas as classes apresentaram conexão vascular. A qualidade visual da soldadura subestimou a porcentagem de sobrevivência dos enxertos. Entretanto, a conexão vascular é o fator que parece permitir o sucesso da enxertia.

**Palavras-chave:** pinheiro-do-Paraná, borbulhia de placa, borbulhia de flauta, anatomia, conexão vascular

---

<sup>6</sup> A ser submetido no Journal of Experimental Botany

## VISUAL AND ANATOMICAL ANALYSIS OF WELDING QUALITY X SCION SURVIVAL OF *Araucaria angustifolia*

### ABSTRACT

Due to the late onset of fruiting that *Araucaria angustifolia* presents, taking on average 12 to 15 years, grafting is an alternative for the early production of seeds in plants of reduced size. However, there isn't evaluation of the welding quality of the grafts of the species. The objective of this work was to elaborate a classification of welding quality to predict percentage of survival of the scion. Patch budding and flute budding techniques were performed in rootstocks kept in a greenhouse and established in the field, evaluating the percentage of survival up to 270 days after grafting (DAG). At 60 DAG, visual observations of the grafts union area were performed, classifying them into four welding classes. After 160 DAG, cross sections of each class were evaluated visually and anatomically. The flute budding presented higher initial survival (79%), but at 180 DAG the percentages for the two techniques were similar, with 48% for flute budding and 41% for patch budding. For both budding techniques used there were more survival in the class in which there was union in only two regions of contact between scion and rootstock with discontinuity in the bark. Regardless of the welding class stabilization of scion survival occurs after 180 DAG. Visually, there was difference in the quality of welding, however, anatomically, all the classes presented vascular connection. The welding quality visual underestimated the survival percentage of the grafts. However the vascular connection is the factor that seems to allow the success of the grafting.

**Key-words:** Parana-pine, patch budding, flute budding, anatomy, vascular connection

## 5.1 INTRODUÇÃO

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), popularmente conhecida como araucária, pinheiro-brasileiro ou pinheiro-do-Paraná, é uma espécie nativa do Brasil, característica da Floresta Ombrófila Mista (CARVALHO, 2003). Seu potencial madeireiro, juntamente com a expansão agrícola, ocasionou uma exploração intensa de seus indivíduos, reduzindo drasticamente sua distribuição original (ZANETTE *et al.*, 2011), levando-a a ser classificada com uma espécie ameaçada de extinção (BRASIL, 2008; IUCN, 2013).

A semente de *A. angustifolia*, denominada pinhão, constitui um alimento nutritivo e energético, rico em amido, proteínas e com baixo índice glicêmico (CORDENUNSI *et al.* 2004; FRANCO, 2008) muito consumido pela população brasileira (ZANETTE *et al.*, 2011; WENDLING, 2011). A exploração insustentável da espécie pela demanda cada vez maior de pinhões causa grave ameaça à regeneração das florestas de *A. angustifolia* (WENDLING, 2015).

A espécie é normalmente propagada por sementes, como a maioria das coníferas, porém possui baixo percentual de germinação em sementes armazenadas. As plantas de origem seminal demoram em média de 12 a 15 anos para atingirem a idade reprodutiva (BANDEL; GURGEL, 1967; CARVALHO, 2003). Diante da demanda por pinhões, com o uso da técnica de enxertia haveria a promoção da manutenção das características genéticas, além de propiciar a floração e frutificação precoces e a formação de pomares de produção de sementes (HARTMANN *et al.*, 2011), reduzindo o tempo para produção dos pinhões.

Apesar da enxertia em *A. angustifolia* ser viável (GURGEL; GURGEL-FILHO, 1967; KAGEYAMA; FERREIRA, 1975; WENDLING, 2011; ZANETTE *et al.*, 2011), ainda há necessidade de avaliação da qualidade da soldadura do enxerto e porta-enxerto, sobrevivência, brotação e hábito de crescimento dos enxertos. É de conhecimento que a verificação da qualidade soldadura interfere diretamente na sobrevivência dos enxertos (PINA; ERREA, 2005; MACHADO *et al.*, 2015). Para a espécie há relatos apenas de análise visual, sem classificação da qualidade, a partir da observação do ponto de união do enxerto e porta-

enxerto (WENDLING, 2011). Diante disso, faz-se necessária uma descrição detalhada da região da soldadura entre enxerto e porta-enxerto de *A. angustifolia*, tanto externa quanto internamente, com o intuito de verificar se a mesma é de boa ou má qualidade e se é determinante na sobrevivência dos enxertos.

A união entre enxerto e porta-enxerto é um dos principais fatores que influenciam o sucesso da enxertia, a qual depende de fatores anatômicos, fisiológicos e genéticos (PINA; ERREA, 2005; HARTMANN *et al.*, 2011; CHEN *et al.*, 2016). A formação do novo tecido meristemático entre enxerto e porta-enxerto é fundamental para o perfeito desenvolvimento das plantas após a enxertia (HARTMANN *et al.*, 2011), permitindo que as partes unidas formem uma única planta (SHIMOYA *et al.*, 1968). Um enxerto bem-sucedido inicia-se com uma resposta ao corte, adesão das partes enxertadas, formação do calo na interface do enxerto e de um novo sistema vascular funcional (PINA; ERREA, 2005; MARTINEZ-BALLESTA *et al.*, 2010; PINA *et al.*, 2012), sendo este último processo essencial (YIN *et al.*, 2012).

Uma ferramenta utilizada para a descrição da união entre enxerto e porta-enxerto e identificação da compatibilidade é a análise anatômica, podendo também auxiliar na determinação da qualidade da soldadura (PINA; ERREA, 2005; MARTINEZ-BALLESTA *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2014). O número crescente de estudos anatômicos demonstra que os processos envolvidos na união entre enxerto e porta-enxerto são semelhantes para diferentes espécies lenhosas (DIAS *et al.*, 2009; PINA *et al.*, 2012; MACHADO *et al.*, 2015; AJAMGARDA *et al.*, 2016; CHEN *et al.*, 2016). Em *A. angustifolia* há apenas um relato de descrição anatômica de microenxertos por Anselmini e Zanette (2008).

Assim, objetivou-se com esse trabalho elaborar uma classificação visual e anatômica da qualidade de soldadura com o intuito de prever a porcentagem de sobrevivência dos enxertos produzidos a partir das técnicas de borbúlia de placa e de flauta em *A. angustifolia*.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.2.1 Processo de enxertia

O experimento foi realizado em abril/2014 no Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas, em Colombo – PR. Foram realizadas enxertias pelas técnicas de borbulhia de placa e de flauta (FIGURA 3.1) em porta-enxertos de *A. angustifolia* estabelecidos em dois locais. Os locais dos porta-enxertos eram a campo, plantados em espaçamento de 3 m x 0,5 m, e mantidos em casa de vegetação, plantados em sacos plásticos de 7L com substrato comercial a base de casca de pinus, recebendo três irrigações diárias de 15 minutos.

Os enxertos utilizados foram coletados de ramos adultos com “tendência de crescimento ortotrópico”, contendo de 30 a 45 centímetros de comprimento, retirados de árvores matrizes enxertadas estabelecidas a campo. As referidas matrizes foram enxertadas com uma planta fêmea adulta (de aproximadamente 30 anos idade) pela técnica de garfagem de fenda cheia, realizada no ano de 2007 (WENDLING, 2011). No momento da instalação do experimento, os ramos foram coletados e acondicionados em caixa de isopor contendo água a fim de evitar a desidratação, sendo que suas acículas foram retiradas somente no momento da enxertia.

As borbulhas de placa apresentavam aproximadamente 3 cm de comprimento e 1 cm de largura, com 6 a 8 acículas com região axilar (FIGURA 3.1 - A), enquanto que as borbulhas de flauta apresentavam aproximadamente 1,5 cm de comprimento e 3 cm de largura, com 10 a 12 acículas com região axilar (FIGURA 3.1 - D). Para ambos os tipos de borbulhia, foram retiradas as acículas do enxerto com auxílio de tesoura de poda. A enxertia foi realizada na região subapical do ramo principal do porta-enxerto. Os enxertos foram encaixados em janela aberta no porta-enxerto (borbulhia de placa), com superfície idêntica (FIGURA 3.1 – A, B). Para borbulhia de flauta foram realizadas duas incisões circulares e uma vertical, de modo a retirar um anel de



casca para encaixe do enxerto (FIGURA 3.1 – D, E). Após o encaixe, a borbulha foi fixada com fitilho plástico, mantendo-se a parte aérea do porta-enxerto.

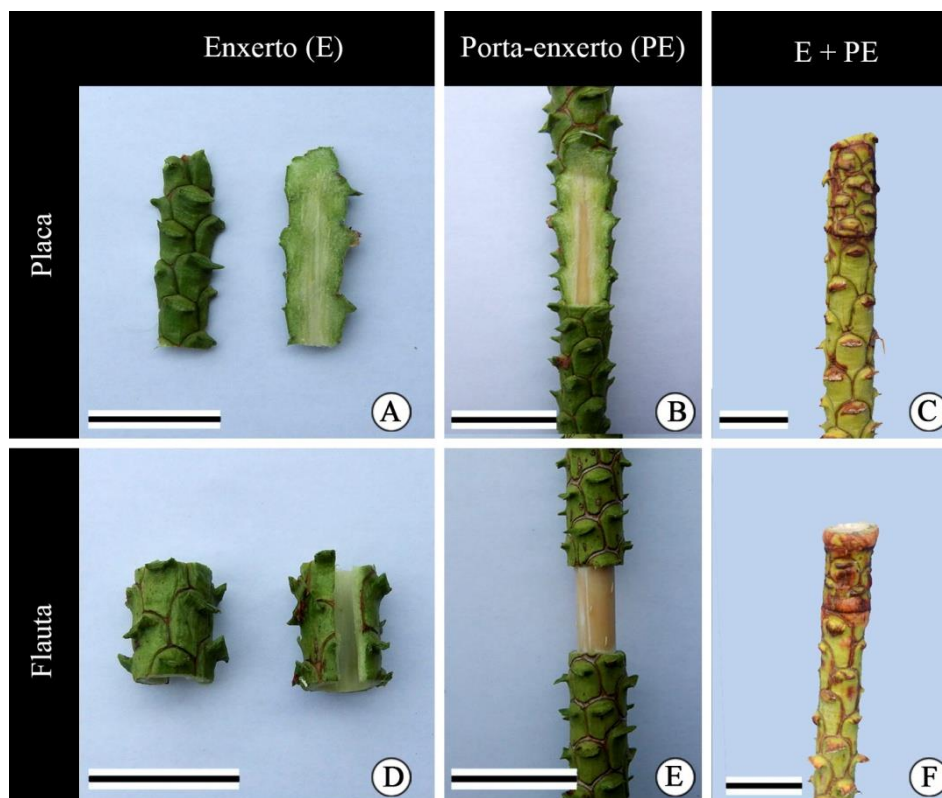


FIGURA 3.1 – BORBULHA DE PLACA (A), JANELA DO PORTA-ENXERTO PARA BORBULHIA DE PLACA (B) E UNIÃO DO ENXERTO DE BORBULHIA DE PLACA (C) APÓS 60 DAE. BORBULHA DE FLAUTA (D), JANELA DO PORTA-ENXERTO PARA BORBULHIA DE FLAUTA (E), UNIÃO DO ENXERTO DE BORBULHIA DE FLAUTA (F) APÓS 60 DAE. BARRA = 2 CM. FOTOS: A AUTORA

Ressalta-se que para a confecção da borbulhia de placa e de flauta levou-se em consideração o diâmetro do porta-enxerto, sendo que os enxertos foram realizados com tamanho coincidente a janela do porta-enxerto. A borbulhia de flauta foi confeccionada de maneira que envolvesse totalmente o lenho do porta-enxerto, encaixando-se na janela, tentando deixar as duas extremidades verticais do enxerto mais próximas possível.

Transcorridos 45 dias após a enxertia (DAE), procedeu-se a retirada do fitilho e poda da parte aérea remanescente do porta-enxerto logo acima da localização das borbulhas. A primeira avaliação ocorreu aos 60 DAE, avaliando a porcentagem de sobrevivência. As avaliações foram realizadas mensalmente

até os 270 DAE. Ainda, durante esse período foi realizado o controle das brotações formadas nos porta-enxertos a fim de evitar a competição com brotos do enxerto.

Aos 60 DAE também foram realizadas observações a vista desarmada da região de união do enxerto e porta-enxerto para verificar formação de soldadura entre ambos. Nesse momento, para as diferentes qualidades de soldadura foram determinadas classes de notas para a união, sendo: classe 1 – união em apenas uma região de contato do enxerto e porta-enxerto com descontinuidade na casca; classe 2 – união em apenas duas regiões de contato do enxerto e porta-enxerto com descontinuidade na casca; classe 3 – união em três regiões de contato do enxerto e porta-enxerto e classe 4 – união em todas as regiões de contato do enxerto e porta-enxerto, onde a linha de união não é mais visível.

O experimento foi conduzido num delineamento em blocos ao acaso, com arranjo fatorial 2 x 2 (2 técnicas de borbúlia x 2 locais de estabelecimento dos porta-enxertos) com quatro repetições contendo 8 plantas por unidade experimental, totalizando 128 enxertos, sendo avaliados por 8 meses. Os tratamentos (técnicas e local de estabelecimento dos porta-enxertos) foram aplicados às parcelas e as avaliações consideradas sub-parcelas. As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ( $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ ) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), com o auxílio do *software* estatístico ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009).

### 5.2.2 Estudo anatômico

As análises anatômicas dos enxertos foram realizadas no Laboratório de Botânica Estrutural do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em Curitiba - PR. Foram coletadas amostras de enxerto e porta-enxerto no dia da realização das enxertias e, aos 160 DAE, uma amostra da região de enxertia de cada classe de notas (1, 2, 3 e 4) dos dois tipos de borbúlia. As amostras foram fixadas em FAA 70 (JOHANSEN, 1940) e estocadas em etanol 70% até o momento da infiltração.

Foram realizadas observações a vista desarmada e registros fotográficos, com auxílio de scanner de mesa, do enxerto, porta-enxerto e da parte interna da região de união da enxertia por meio de fragmentos transversais da região mediana de cada amostra, com aproximadamente 0,5 cm. Para análise anatômica, as mesmas amostras analisadas com auxílio do scanner de mesa foram incluídas em PEG (polietilenoglicol 1500) e seccionadas transversalmente (15µm de espessura) em micrótomo rotativo (marca Olympus CUT 4055). Os cortes foram corados com azul de toluidina (solução aquosa a 0,05%) (SAKAI, 1973) e as lâminas semipermanentes montadas em gelatina-glicerinada e vedadas com esmalte incolor. As observações anatômicas e os registros fotográficos foram realizados em fotomicroscópio (Olympus, modelo BX41).

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância para a porcentagem de sobrevivência dos enxertos revelou que foram significativas as interações entre as técnicas de enxertia e as épocas de avaliação, e entre os locais de estabelecimento dos porta-enxertos e as épocas de avaliação (APÊNDICE 3.1).

Para a porcentagem de sobrevivência dos enxertos de *A. angustifolia*, o teste de comparação de médias (TABELA 3.1) revelou que houve diferença entre as técnicas de enxertia testadas apenas na primeira avaliação (60 DAE), com 79,6% de sobrevivência para a borbulhia de flauta. Nas avaliações subsequentes não houveram diferenças significativas entre as técnicas de borbulhia utilizadas. Quando comparadas as épocas de avaliação para cada técnica de enxertia, verificou-se sobrevivência superior para borbulhia de flauta apenas aos 60 DAE, enquanto que para borbulhia de placa só foram verificadas diferenças a partir da avaliação aos 180 DAE. Para ambas as técnicas, observa-se também que não houve diferença da sobrevivência dos enxertos a partir da avaliação aos 150 DAE. Assim, pode-se afirmar que após o período de 180 DAE não ocorreu aumento da mortalidade, acarretando com isso menor perda na produção de mudas.

O teste de comparação de médias (TABELA 3.1) revelou que não houveram diferenças entre os locais de estabelecimento do porta-enxerto nas diferentes épocas de avaliação. Quando comparadas as épocas de avaliação para cada local de estabelecimento dos porta-enxertos, verificou-se que para ambos os locais, houve uma superioridade da sobrevivência aos 60 e 90 DAE.

TABELA 3.1 - PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE ENXERTOS DE *A. angustifolia* PELAS TÉCNICAS DE BORBULHIA DE FLAUTA E DE PLACA E EM DOIS LOCAIS DE ESTABELECIMENTOS DOS PORTA-ENXERTOS (CASA DE VEGETAÇÃO E CAMPO)

AVALIAÇÕES	TÉCNICAS	
	BORBULHIA DE FLAUTA	BORBULHIA DE PLACA
60 DAE	79,6 a A	54,6 b A
90 DAE	67,1 a B	54,6 a A
120 DAE	59,3 a B C	53,1 a A
150 DAE	56,2 a C D	46,8 a A B
180 DAE	48,4 a D	40,6 a B
210 DAE	46,8 a D	39,0 a B
240 DAE	46,8 a D	39,0 a B
270 DAE	46,8 a D	37,5 a B

AVALIAÇÕES	LOCAL	
	CASA DE VEGETAÇÃO	CAMPO
60 DAE	62,5 a A	71,8 a A
90 DAE	57,8 a A B	64,0 a A B
120 DAE	51,5 a B C	60,9 a B
150 DAE	46,8 a C D	56,2 a B C
180 DAE	40,6 a D	48,4 a C D
210 DAE	39,0 a D	46,8 a C D
240 DAE	39,0 a D	46,8 a C D
270 DAE	39,0 a D	45,3 a D

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA, MINÚSCULA NA HORIZONTAL E MAIÚSCULA NA VERTICAL, NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE

DAE = DIAS APÓS A ENXERTIA

Aos 120 DAE, a sobrevivência dos enxertos para a borbúlia de flauta se mostrou semelhante aos resultados relatados por Wendling *et al.* (2016), enquanto que para a borbúlia de placa se mostrou superior ao mesmo trabalho citado e ao experimento realizado por Zanette *et al.* (2011). Na maioria das vezes, a enxertia pode induzir o revigoramento de tecidos adultos (ALFENAS *et al.*, 2004), o qual se refere ao retorno da planta a um estado de alto vigor

fisiológico (WENDLING; XAVIER, 2001). Diante disso, uma hipótese para a diferença dos resultados de sobrevivência dos enxertos observados no presente trabalho em comparação com os dados de Zanette *et al.* (2011) pode ser atribuído ao fato das diferentes origens do material utilizado como enxerto. No trabalho citado utilizaram-se brotações do tronco e de ramos de árvores adultas, enquanto que no presente estudo utilizaram-se plantas enxertadas como fonte de propágulos, sendo caracterizada com uma enxertia sucessiva. Supõe-se que os ramos utilizados como enxertos no presente trabalho apresentavam-se mais vigorosos e, assim, possuíam maior potencial para sobrevivência por serem coletados de uma planta enxertada.

Diante da mortalidade ao longo do tempo de avaliação, principalmente para a borbulhia de flauta, supõe-se que a área de união entre enxerto e porta-enxerto não apresentava crescimento de calo por completo no início das avaliações, tornando-a suscetível à oxidação e infiltração de umidade (YIN *et al.* 2012). Sabe-se que a reconexão vascular do enxerto é essencial para uma técnica bem-sucedida, onde as novas células cambiais produzem tecido vascular novo, o qual é um pré-requisito para a sobrevivência do enxerto e sucesso da técnica (PINA *et al.*, 2005; HARTMANN *et al.*, 2011). A utilização do fitilho por mais tempo, além dos 45 DAE, pode ser necessária para que ocorra uma maior formação de tecido de cicatrização. Porém, são necessários estudos adicionais para esclarecer essa hipótese.

Quando se observa o percentual de sobrevivência por classes de notas da qualidade de soldadura, aos 60 DAE verifica-se que para a borbulhia de flauta os enxertos sobreviventes concentraram-se na classe 2 (50%) (FIGURA 3.2 – A). Esta classe apresentou maior redução de sobrevivência durante todo o tempo avaliado, chegando a aproximadamente 28% aos 180 DAE, condizendo com a redução da sobrevivência geral da borbulhia de flauta.

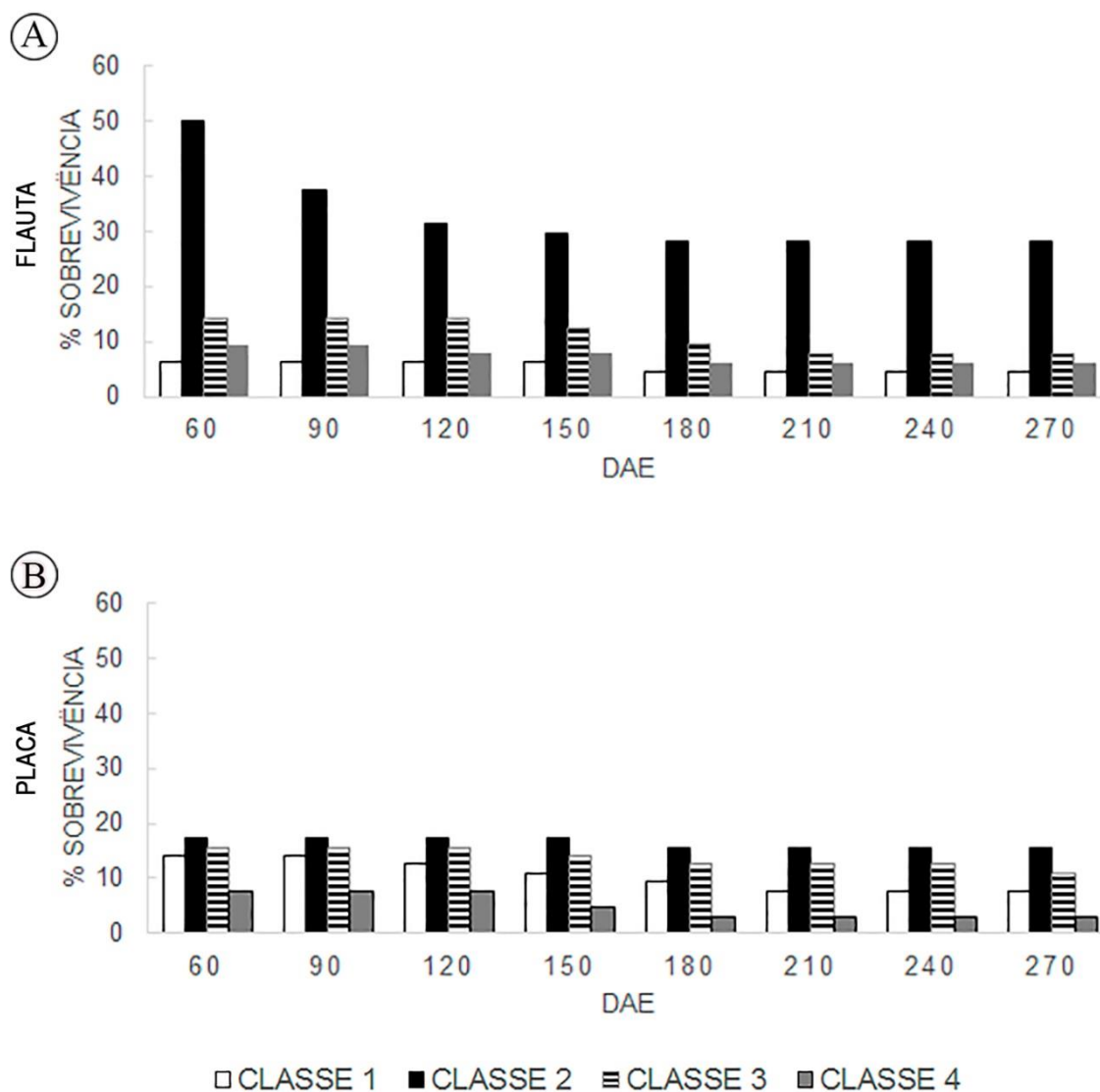


FIGURA 3.2 – PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE ENXERTOS NAS QUATRO CLASSES DE NOTAS PARA A UNIÃO DA BORBULHIA DE FLAUTA (A) E DE PLACA (B), AVALIADOS POR 270 DIAS APÓS A ENXERTIA (DAE)

A classe 2 também foi a que se destacou para a borbulhia de placa, com 17% de sobrevivência aos 60 DAE (FIGURA 3.2 – B). Porém, para esta técnica, a classe 2 não apresentou o mesmo comportamento de redução de sobrevivência ao longo do período avaliado. Todas as classes de notas apresentaram pequeno declínio da porcentagem de sobrevivência, sendo mais acentuado para a classe 4, a qual foi considerada com a de melhor qualidade de soldadura. Com isso, observa-se que a classificação da qualidade da soldadura, por meio de análise visual, não é um fator determinante para a sobrevivência dos

enxertos. Para a borbulhia de placa há uma estabilidade da sobrevivência dos enxertos, não importando a classe de união do enxerto.

Pela análise anatômica, verificou-se que na confecção da janela do porta-enxerto da borbulhia de flauta manteve-se apenas o xilema secundário, com parte do câmbio vascular e a medula (FIGURA 3.3 – A, B, C) enquanto que seu enxerto era formado pelo córtex e parte do floema secundário (FIGURA 3.3 – D, E, F). Para a borbulhia de placa, na preparação da janela do porta-enxerto foi retirada apenas uma parte do córtex e floema secundário (FIGURA 3.3 – G, H, I) para o encaixe do enxerto que possuía uma pequena porção do córtex e floema secundário (FIGURA 3.3 – J, K, L) formando a placa. Nota-se que para ambas as técnicas, enxerto e porta-enxerto possuem estruturas complementares as quais, no momento da enxertia, devem coincidir em seu posicionamento (HARTMANN *et al.*, 2011) e o alinhamento adequado dos diferentes tecidos de união do enxerto (AJAMGARDA *et al.*, 2016).

A observação visual do corte transversal dos fragmentos da região dos enxertos e sua respectiva análise anatômica demonstraram que houveram diferenças na formação de tecido de cicatrização em cada classe de notas para as duas técnicas utilizadas (FIGURAS 3.4 e 3.5). Foi possível constatar diferenças na formação de tecido parenquimático, podendo delimitar claramente onde estão localizados enxerto e porta-enxerto. Para borbulhia de flauta isso é constado pela menor formação de tecido de cicatrização entre as duas extremidades do enxerto (setas prestas na FIGURA 3.4). Já para a borbulhia de placa é possível verificar também pela diferença de tamanho do córtex e presença de espaços de ar na região de união (FIGURA 3.5). Nota-se maior diferença para a classe 1 onde, para ambas as técnicas, não há uma união completa do enxerto e porta-enxerto para as duas técnicas. No caso da borbulhia de flauta não ocorreu união entre as duas extremidades verticais do enxerto que circunda o porta-enxerto (FIGURA 3.4 - B) e para a borbulhia de placa não houve união completa verticalmente do enxerto e porta-enxerto (FIGURA 3.5 - B).



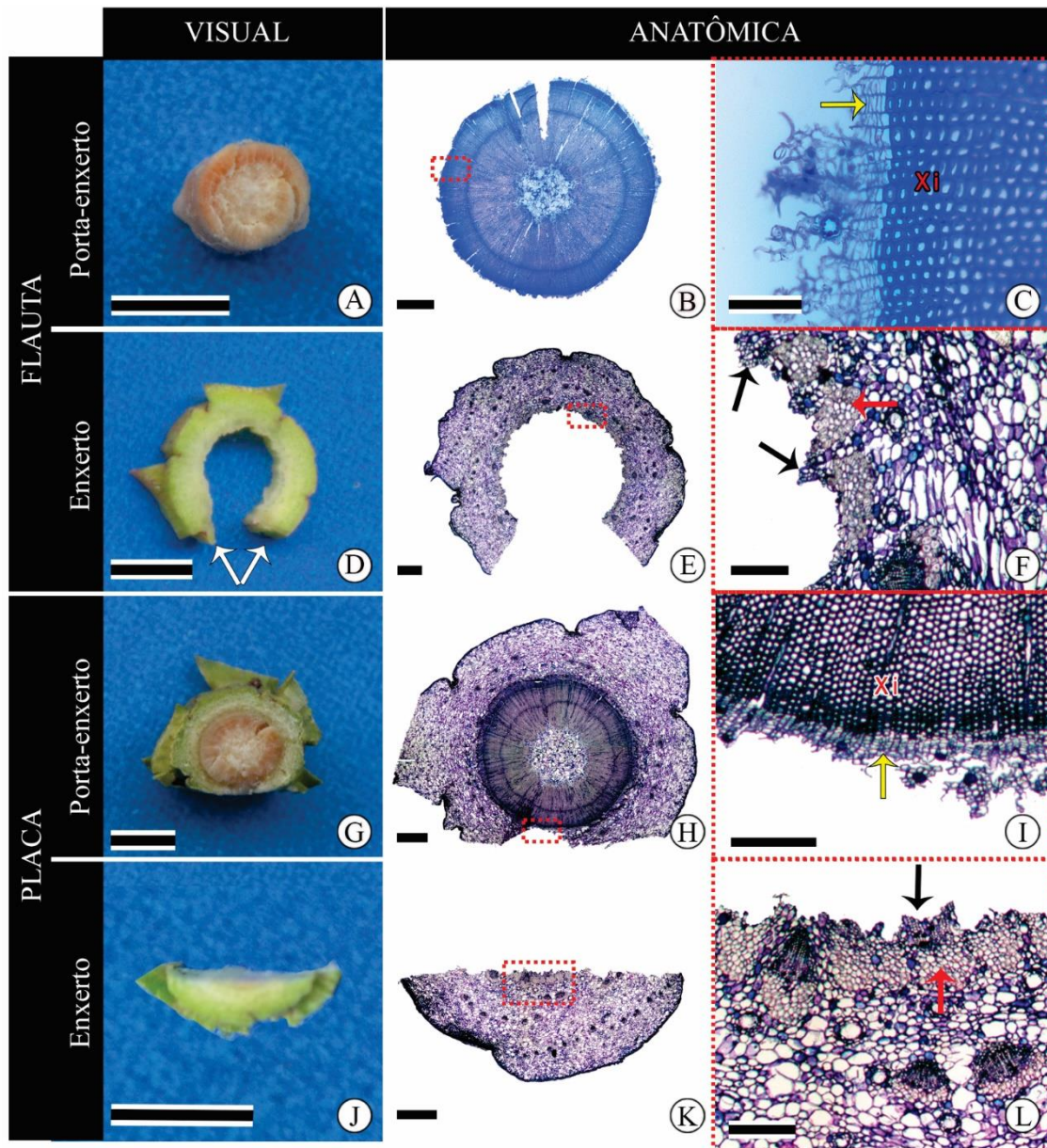


FIGURA 3.3 – ANÁLISE VISUAL E ANATÔMICA DOS CORTES TRANSVERSAIS DE BORBULHIA EM *A. angustifolia*. BORBULHIA DE FLAUTA: PORTA-ENXERTO (A, B, C) E ENXERTO (D, E, F); BORBULHIA DE PLACA: PORTA-ENXERTO (G, H, I) E ENXERTO (J, K, L). AMOSTRAS COLETADAS NO DIA DA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO. SETAS BRANCAS INDICAM A UNIÃO ENTRE AS DUAS EXTREMIDADES VERTICAIS DO ENXERTO. RETÂNGULOS PONTILHADOS EM VERMELHO INDICAM O DETALHE DO CORTE ANATÔMICO. SETAS AMARELAS INDICAM O CAMBIO VASCULAR. SETAS PRETAS INDICAM O FLOEMA SECUNDÁRIO. SETAS VERMELHAS INDICAM AS FIBRAS DO FLOEMA SECUNDÁRIO.

BARRA: A, D, G, J = 0,5 CM; B, E, H, K = 1000  $\mu$ M; C, F, I, L = 250  $\mu$ M

A análise anatômica da região da enxertia veio comprovar pequenas diferenças na união do enxerto em cada classe de notas. Na classe 1 verifica-se descontinuidade do tecido de cicatrização nas extremidades verticais, onde



observa-se claramente a localização do enxerto, não havendo união entre as duas extremidades do enxerto para borbulhia de flauta (FIGURA 3.4 - B), e não houve união completa entre enxerto e porta-enxerto para borbulhia de placa, principalmente na região xilemática da janela do porta-enxerto (FIGURA 3.5 - B), observando-se ausência de tecido de cicatrização.

A utilização da análise anatômica como uma ferramenta complementar a análise visual corroborou com a classificação por classes de notas de soldadura. Na classe 4, houve ligação contínua das extremidades do enxerto com o porta-enxerto, sendo considerada a melhor união. Nas Figuras 3.4 – G, H e 3.5 – G, H, verifica-se a formação do desenvolvimento de tecido parenquimático de forma contínua, com formação de um novo sistema vascular e uma menor quantidade do número de camadas do córtex na região de união entre as duas extremidades verticais. Essas extremidades verticais equivalem para a borbulhia de placa à região de contato vertical entre enxerto e porta-enxerto enquanto que para a borbulhia de flauta corresponde a união das duas extremidades apenas do enxerto, o qual envolve o porta-enxerto.

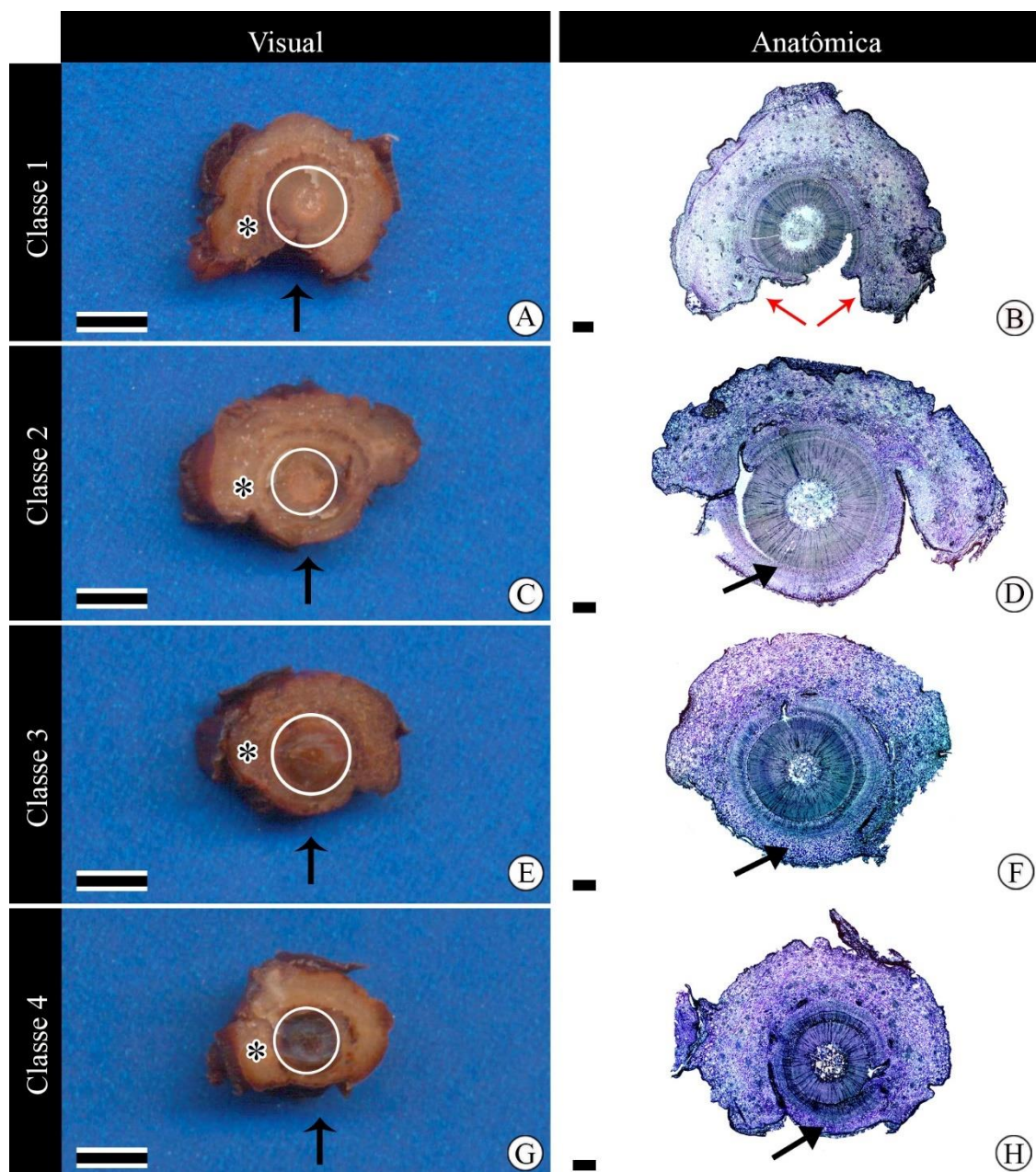


FIGURA 3.4 - ANÁLISE VISUAL E ANATÔMICA DOS CORTES TRANSVERSAIS DE BORBULHIA DE FLAUTA EM *A. angustifolia*. CLASSES DE NOTAS DA UNIÃO DE ENXERTO E PORTA-ENXERTO: CLASSE 1 (A, B), CLASSE 2 (C, D), CLASSE 3 (E, F) E CLASSE 4 (G, H) AOS 160 DAE. EM IMAGENS VISUAIS: \* INDICA O ENXERTO, CÍRCULO DELIMITA A REGIÃO DO PORTA-ENXERTO, SETAS PRETAS INDICAM A UNIÃO ENTRE AS DUAS EXTREMIDADES VERTICAIS DO ENXERTO, SETAS VERMELHAS INDICAM A AUSÊNCIA DE UNIÃO ENTRE AS DUAS EXTREMIDADES DO ENXERTO. BARRA: VISUAL = 0,5 CM; ANATÔMICA = 1000 $\mu$ M

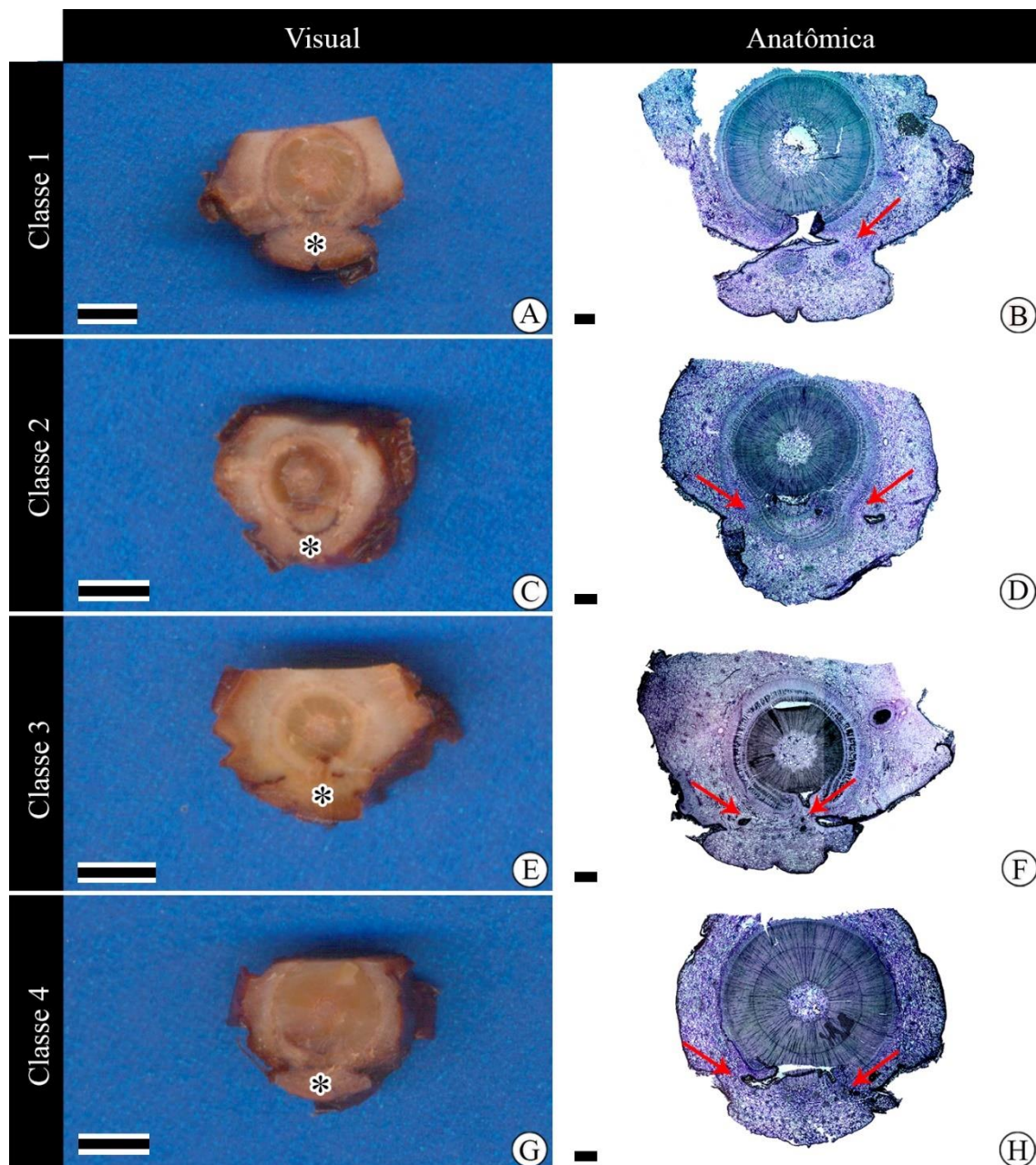


FIGURA 3.5 - ANÁLISE VISUAL E ANATÔMICA DOS CORTES TRANSVERSAIS DE BORBULHIA DE PLACA EM *A. angustifolia*. CLASSES DE NOTAS DA UNIÃO DE ENXERTO E PORTA-ENXERTO: CLASSE 1 (A, B), CLASSE 2 (C, D), CLASSE 3 (E, F) E CLASSE 4 (G, H) AOS 160 DAE. \* INDICA A REGIÃO DO ENXERTO. SETAS VERMELHAS INDICAM A REGIÃO DE UNIÃO. BARRA: VISUAL = 0,5 CM; ANATÔMICA = 1000  $\mu$ M

Entre as classes 2, 3 e 4, conforme análise anatômica, verificou-se que houve conexão dos tecidos do enxerto e porta-enxerto, mesmo havendo diferenças identificadas visualmente na formação de soldadura aos 60 DAE. Observou-se a união entre as partes com formação de tecido parenquimático e reconstituição do sistema vascular (FIGURA 3.4 – D, F e FIGURA 3.5 – D, F). Verifica-se que, para borbulhia de placa e de flauta em *A. angustifolia*, o contato entre tecidos adjacentes do enxerto e porta-enxerto pode ser mínimo, mas mesmo assim ocorre a formação de tecido de cicatrização e, com isso, futuro estabelecimento de conexão vascular, a qual irá implicar no sucesso da enxertia. É por esse motivo que plantas enxertadas com má qualidade de soldadura, como aquelas das classes 1 e 2, apresentam manutenção da sobrevivência, pois, com o reestabelecimento do tecido vascular, ocorre o transporte de água e nutrientes fazendo com que o enxerto cresça e se desenvolva.

Observou-se que a união entre as partes enxertadas foi realizada pelo preenchimento dos espaços por células parenquimatosas (calos) (FIGURA 3.6 e 3.7), com conexão vascular entre enxerto e porta-enxerto, o que é primordial para o sucesso da enxertia. Para *A. angustifolia*, em microenxertia, foi constatada a formação de tecido de cicatrização, onde o melhor tratamento foi aquele que apresentou a maior formação de calos (ALSEMINI; ZANETTE, 2008).

Em geral, observou-se por meio da análise anatômica que em todas as classes de soldadura a união do enxerto na borbulhia de flauta ocorreu na região cambial, entre o floema secundário proveniente da borbulha e câmbio e xilema secundário do porta-enxerto (FIGURA 3.6 - A). Nessa região ocorreu a formação de tecido parenquimático de cicatrização, o qual se diferenciou em cambio vascular, originado um novo sistema vascular (FIGURA 3.6 - B). Já para a borbulhia de placa, no geral, ocorreu uma conexão lateral entre enxerto e porta-enxerto (FIGURA 3.7 - A), e não na região cambial. Observou-se também que o tecido parenquimático de cicatrização dessa técnica é uniforme e ordenado (FIGURA 3.7 - B).

O fato de haver união do enxerto e porta-enxerto na região do córtex, ao invés da região cambial, demonstra a maior facilidade de compatibilidade entre os materiais e de execução da borbulhia de placa. Uma vez que não é preciso

haver um contato entre as regiões de conexão vascular é possível realizar a enxertia com materiais de diferentes diâmetros. Com isso, pode-se realizar borbulhia de placa no córtex do porta-enxerto e utilização de borbulha de placa formada apenas pelo córtex.

Também foi possível observar que tanto para a borbulhia de flauta quanto a de placa, independente da classe de soldadura, o xilema secundário do porta-enxerto apresentou uma pausa no seu crescimento, apresentando células maiores (FIGURA 3.6 e 3.7 – C). Isso pode ser devido ao estresse ocasionado pela execução das técnicas, ocasionando uma pausa do crescimento secundário.

Para ambas as técnicas também observou-se, em todas as classes de notas, a presença de pequenos espaços vazios na região mais interna de contato entre enxerto e porta-enxerto, os quais não foram passíveis de detecção visual. DIAS *et al.* (2009) citam a presença desses espaços na enxertia de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), os quais foram preenchidos após um período mais longo da realização da enxertia. Diante do crescimento lento que *A. angustifolia* possui, espera-se que os espaços vazios sejam preenchidos ao longo do tempo, formando uma união total entre enxerto e porta-enxerto.

A ausência de união entre enxerto e porta-enxerto observada na análise visual (vista desarmada), aos 60 DAE, para as classes 2 e 3 ocorreu principalmente nas extremidades horizontais do enxerto com o porta-enxerto, não sendo possível sua visualização sob microscopia de luz por terem sido realizados apenas cortes transversais. Faz-se necessária também a realização de análise anatômica com cortes longitudinais, a fim de descrever esse tipo de ausência de união.



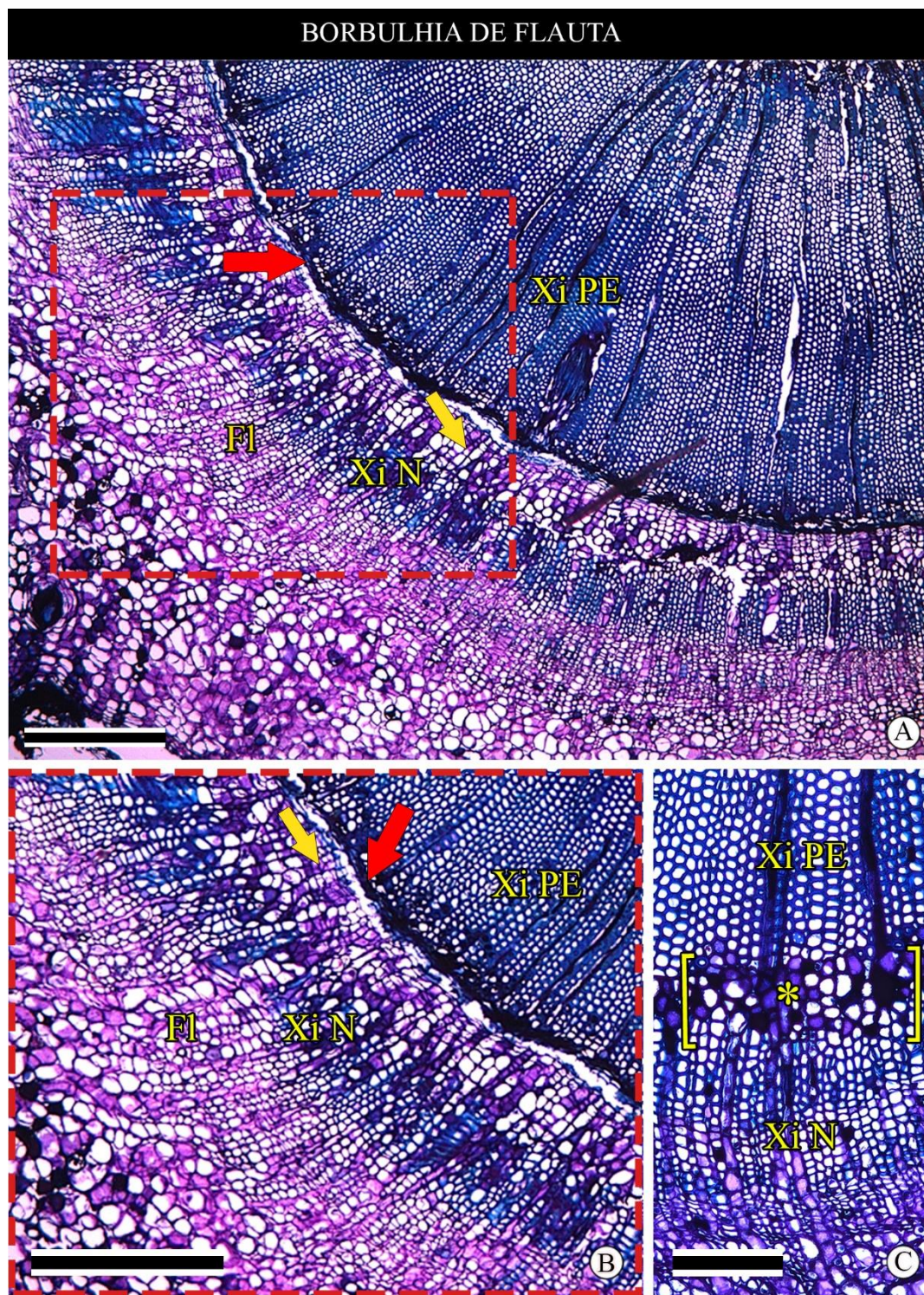


FIGURA 3. 6 - DETALHE DA UNIÃO DE ENXERTO E PORTA-ENXERTO DE *A. angustifolia* UTILIZANDO BORBULHIA DE FLAUTA. A. REGIÃO DE UNIÃO DO ENXERTO, INDICADO PELAS SETAS VERMELHAS, COM A FORMAÇÃO DE TECIDO PARENQUIMÁTICO DE CICATRIZAÇÃO. B. DETALHE DO REESTABELECIMENTO DO SISTEMA DE CONDUÇÃO VASCULAR. C. PARADA DE CRESCIMENTO DO XILEMA SECUNDÁRIO IDENTIFICADO PELO ASTERISCO (\*). LEGENDA: FI = FLOEMA SECUNDÁRIO; Xi PE = XILEMA SECUNDÁRIO DO PORTA-ENXERTO; \* PARADA DE CRESCIMENTO DO XILEMA SECUNDÁRIO; SETA VERMELHA = REGIÃO DE UNIÃO; SETA AMARELA = TECIDO PARENQUIMÁTICO DE CICATRIZAÇÃO. BARRAS: A, B = 500  $\mu$ M; C = 200  $\mu$ M.



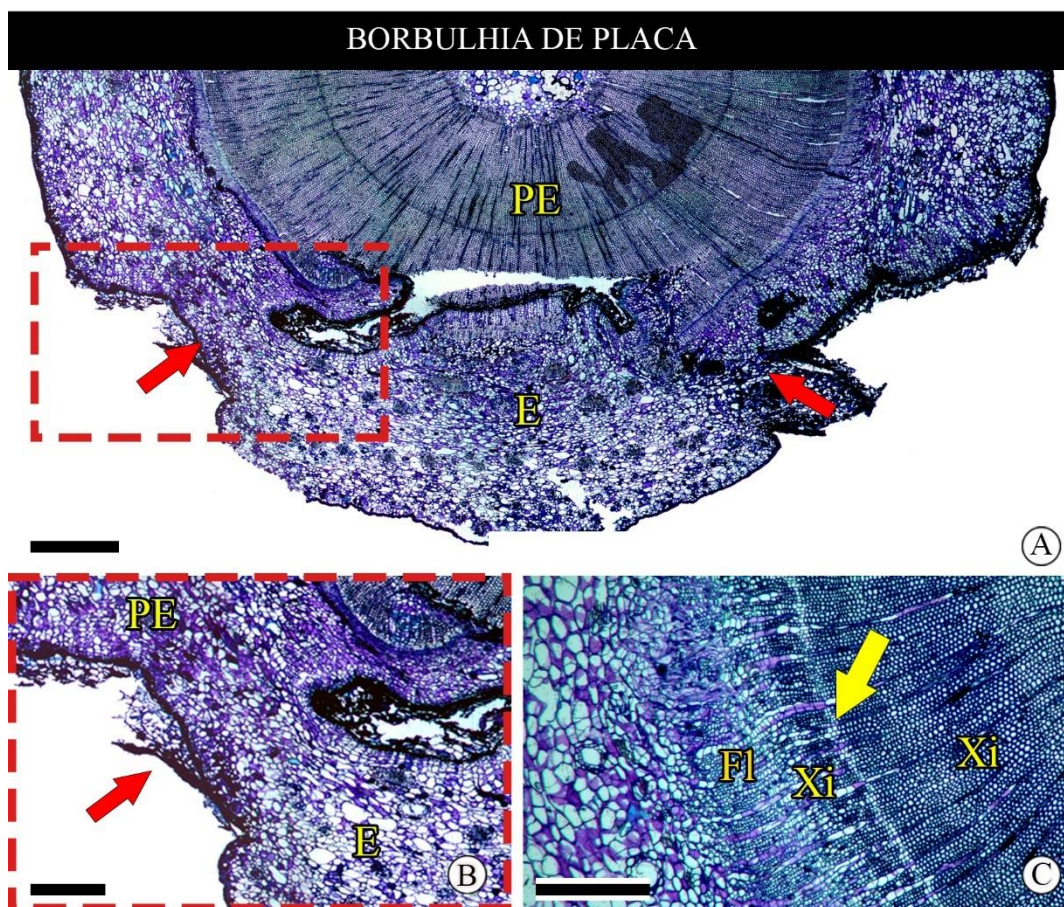


FIGURA 3. 7 - DETALHE DA UNIÃO DE ENXERTO E PORTA-ENXERTO DE *A. angustifolia* UTILIZANDO BORBULHIA DE PLACA. A. REGIÃO DE UNIÃO DO ENXERTO, INDICADO PELAS SETAS VERMELHAS. B. DETALHE DA UNIÃO DO ENXERTO COM A FORMAÇÃO DE TECIDO PARENQUIMÁTICO DE CICATRIZAÇÃO. C. PARADA DE CRESCIMENTO DO XILEMA SECUNDÁRIO IDENTIFICADO PELO SETA AMARELA. LEGENDA: FI = FLOEMA SECUNDÁRIO; Xi = XILEMA SECUNDÁRIO; \*; SETA VERMELHA = REGIÃO DE UNIÃO COM TECIDO PARENQUIMÁTICO DE CICATRIZAÇÃO; SETA AMARELA = PARADA DE CRESCIMENTO DO XILEMA SECUNDÁRIO.

BARRAS: A = 1000  $\mu$ M; B, C = 500  $\mu$ M.

O fator ausência de união de tecidos nas extremidades horizontais do enxerto e porta-enxerto pode ter sido a causa preponderante para a mortalidade dos enxertos de borbúlia de flauta na classe 2, pois sabe-se que o fluxo contínuo de seiva floemática e xilemática influencia o crescimento pelo efeito na translocação de nutrientes e fotoassimilados entre enxerto e porta-enxerto (ZARROUK *et al.*, 2006). MACHADO *et al.*, 2015 observaram que a ausência de união longitudinal dos tecidos prejudicou a enxertia de pereira europeia (*Pyrus*

*communis* L.) com marmeleiro (*Cydonia oblonga* Mill.) ‘Abbè Fetel’/‘Adams’, sendo considerado um fator de incompatibilidade.

Outro motivo que pode estar correlacionado com a ausência de diferenças na união entre enxerto e porta-enxerto, quando analisados anatomicamente, é o intervalo de demora entre a coleta do material, que ocorreu apenas aos 160 DAE. Esse período entre a análise visual e análise anatômica por ter feito com que as diferenças da soldadura ficassem menos perceptíveis. Nesse sentido, recomenda-se a análise anatômica próxima dos 60 DAE a fim de verificar o início da formação do tecido de cicatrização.

Com os resultados apresentados, verificou-se que as diferenças na qualidade da soldadura não se configuram como um fator limitante para a manutenção da sobrevivência dos enxertos, pois ao longo do período ocorreu estabilização das porcentagens, com exceção da classe 2 da borbulhia de flauta que apresentou maior mortalidade ao longo do período avaliado (FIGURA 3.2). O estabelecimento da conexão vascular entre enxerto e porta-enxerto foi determinante para que houvesse sobrevivência, já que a mesma ocorreu em todas as classes. Para *A. angustifolia* outros fatores podem estar correlacionados com a mortalidade de enxertos, como a técnica de enxertia adotada e experiência do enxertador.

Diante disso, no momento da enxertia é importante que se tenha atenção na preparação da borbulha e da janela no porta-enxerto para que haja compatibilidade de tamanho, com encaixe perfeito e que os tecidos internos coincidam. A coincidência entre os tecidos próximos ao câmbio formando uma conexão contínua do tecido meristemático entre xilema e floema faz com que ocorra divisão e formação de novas células, o que é primordial para o sucesso da enxertia (HARTMANN *et al.*, 2011).



## 5.4 CONCLUSÕES

Nas condições do presente estudo pode-se concluir que:

As técnicas de borbúlia de placa e de flauta apresentam diferenças visuais, porém não é suficiente para determinar a sobrevivência dos enxertos.

A qualidade da soldadura subestimou a porcentagem de sobrevivência dos enxertos. Visualmente, houve diferença na qualidade de soldadura; no entanto, anatomicamente, todas as classes apresentaram conexão vascular, o que parece ser um fator determinante para o sucesso da enxertia. Tanto na borbúlia de placa quanto na de flauta, há conexão dos tecidos entre enxerto e porta-enxerto nas diferentes classes de soldadura.

## REFERÊNCIAS

- AJAMGARDA, F.; RAHEMIA, M.; VAHDATIBA, K. Development of improved techniques for grafting of pecan. **Scientia Horticulturae**, n. 204, p. 65-69, 2016.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A.; MAFIA, R. G.; DE ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 442 p.
- ANSELMINI, J.; ZANETTE, F. Microenxertia e sua caracterização morfológica em *Araucaria angustifolia*. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 967-973, 2008.
- BANDEL, G.; GURGEL, J. T. A. Proporção do sexo em pinheiro-brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. Silvicultura - **Revista Técnica do Serviço Florestal do Estado de São Paulo**. p. 209-220, 1967.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA). Instrução Normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008. Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v. 145, n. 185, 24 set. 2008. Seção 1, p. 75-83.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. p. 801-812.
- CHEN, Z.; ZHAO, J.; QIN, Y.; HU, G. Study on the graft compatibility between 'Jingganghongnuo' and other litchi cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 199, p. 56-62, 2016.
- CORDENUNSI, B. R.; MENEZES, W. E.; GENOVESE, M. I.; COLLI, C.; GONÇALVES, A. S.; LAJOLO, F. M. Chemical composition and glycemic index of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 3412-3416, 2004.
- DIAS, F. P.; CASTRO, D. M. de; MENDES, A. N. G.; VALLONE, H. S.; CARVALHO, A. M. de; CARVALHO, G. R. Estudo anatômico de cafeeiros enxertados. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 735-742, 2009.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. 307 p.

GURGEL, J. T. A.; GURGEL-FILHO, C. A. Métodos de enxertia para o pinheiro brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Ktze., visando à formação de pomares de sementes. **Sivilcultura em São Paulo**, v. 6, p. 153-155, 1967.

HARTMANN, H. T.; KERSTER, D. E.; DAVIES JR, F. T.; GENEVE, R. L. **PLANT PROPAGATION: principles and practices**. 8 ed. Boston: Prentice Hall. 2011. 915 p.

IUCN. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2013.2. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/details/32975/0>>. Acesso em 28 jun. 2016.

JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.

KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Propagação vegetativa por enxertia em *Araucaria angustifolia*. **IPEF**, n. 11, p. 95-102, 1975.

MACHADO, B. D.; BOGO, L. R. A.; KREZTSCHMAR, A. A.; SIMÕES, F. Compatibilidade fenotípica entre cultivares de pereiras europeias e porta-enxertos de marmeleiro. **Ciência Rural**, v. 45, n. 9, p. 1551-1556, 2015.

MARTÍNEZ-BALLESTA, M. C.; ALCARAZ-LÓPEZ, C.; MURIES, B.; MOTA-CADENAS, C.; CARVAJAL, M. Physiological aspects of rootstock–scion interactions. **Scientia Horticulturae**, v. 127, p. 112-118, 2010.

PEREIRA, I. S.; FACHINELLO, J. C.; ANTUNES, L. E. C.; CAMPOS, A. D.; PINA, A. Incompatibilidade de enxertia em *Prunus*. **Ciência Rural**, v. 44, n. 9, p. 1519-1526, 2014.

PINA, A.; ERREA, P. A review of new advances in mechanism of graft compatibility – incompatibility. **Scientia Horticulturae**, v. 106, p. 1-11, 2005.

PINA, A.; ERREA, P.; MARTENS, H. J. Graft union formation and cell-to-cell communication via plasmodesmata in compatible and incompatible stem unions of *Prunus* spp. **Scientia Horticulturae**, v. 143, p. 144–150, 2012.

SAKAI, W. S. A simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue O. **Stain Technol**, v. 48, n. 5, p. 247-249, 1973.

SHIMOYA, C.; GOMIDE, C. J.; FONTES, J. M. Estudo anatômico da enxertia em *Citrus* spp. **Revista Ceres**, v. 15, n. 84, p. 95-105, 1968.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. A new version of the Assistat-Statistical Assistance Software. In: **World Congress on computers in agriculture**. Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p. 393-396.

WENDLING, I. **Enxertia e florescimento precoce em *Araucaria angustifolia***. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 7p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 272). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/41903/1/CT272.pdf>>. Acesso em: 05- ago. - 2016.

WENDLING, I. **Tecnologia de enxertia de *Araucaria angustifolia* para produção precoce de pinhões**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 7 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 351). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125311/1/CT-351-lvar.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

WENDLING, I.; STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. *Araucaria angustifolia* grafting: techniques, environments and origin of propagation material. **Bosque**, v. 37, n. 2, p. 285-293, 2016.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 187-194, 2001.

YIN, H., YAN, B., SUN, J., JIA, P., ZHANG, Z., YAN, X., CHAI, J., REN, Z., ZHENG, G., LIU, H. Graft-union development: a delicate process that involves cell-cell communication between scion and stock for local auxin accumulation. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, p. 4219-4232, 2012.

ZARROUK, O.; GOGORCENA, Y.; MORENO, M. A. Graft compatibility for new peach rootstocks in nursery. **Acta Horticulturae**, v. 713, p. 327-330, 2006.

ZANETTE, F.; OLIVEIRA, L. da S.; BIASI, L. A. Grafting of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze through the four seasons of the year. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1364-1370, 2011.

## 6 CAPÍTULO IV: ÁCIDO GIBERÉLICO E PACLOBUTRAZOL NO CRESCIMENTO E FLORESCIMENTO PRECOCE DE *Araucaria angustifolia*<sup>7</sup>

### RESUMO

A indução do florescimento precoce permite acelerar as etapas dos procedimentos para a seleção de genótipos superiores em espécies florestais. A aplicação de reguladores vegetais em espécies arbóreas como *Araucaria angustifolia* poderia acelerar o seu ciclo de vida, pois este é longo e com lento crescimento vegetativo, levando de 12 a 15 anos para atingir idade reprodutiva. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito dos reguladores vegetais ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) e paclobutrazol (PBZ) com diferentes quantidades de aplicações em mudas de *A. angustifolia*. Foram utilizadas quatro concentrações dos reguladores: 0, 150, 300 e 450 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> (via foliar) e 0, 0,25, 0,5 e 1,0 g i.a. PBZ (via solo), com uma ou três aplicações. Durante 18 meses, avaliou-se a sobrevivência, altura, diâmetro do colo, alterações morfológicas e indução do florescimento. Não houve efeito dos tratamentos sobre a sobrevivência, alterações morfológicas e indução de florescimento. A aplicação de GA<sub>3</sub> não apresentou incremento em altura e diâmetro das plantas. Já plantas tratadas com 0,25 g i.a. PBZ apresentaram o menor crescimento em altura. Concluiu-se que a aplicação de GA<sub>3</sub> e 0,25 g i.a. PBZ reduzem o crescimento em altura de *A. angustifolia*, fornecendo resultados preliminares importantes para a utilização de regulador vegetal nessa espécie arbórea.

**Palavras-chave:** Pinheiro-do-Paraná, regulador vegetal, giberelina, antigiberelina

---

<sup>7</sup> A ser submetido na Revista Bosque

## **GIBBERELIC ACID AND PACLOBUTRAZOL INFLUENCE ON *Araucaria angustifolia* GROWTH AND EARLY FLOWERING**

### **ABSTRACT**

Induction of early flowering makes it possible to accelerate the steps of the procedures needed for the selection of superior genotypes of forest trees species. The application of plant regulators in arboreal species such as *Araucaria angustifolia* could accelerate its life cycle, as this is long and with slow vegetative growth, taking from 12 to 15 years to reach reproductive age. The objective of this study was to evaluate the effect of the plant regulators gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) and paclobutrazol (PBZ) with different number of applications on *A. angustifolia* seedlings. Four concentrations of the regulators: 0, 150, 300 and 450 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> (foliar route) and 0, 0.25, 0.5 and 1.0 g i.a. PBZ (through soil) were used with one or three applications. During 18 months, survival, height, stem diameter, morphological changes and flowering induction were evaluated. There was no effect of treatments on survival, morphological changes and flowering induction. The application of GA<sub>3</sub> did not show increase in height and diameter of the plants. Plants treated with 0.25 g i.a. PBZ showed the lowest plants growth in height. It was concluded that the application of GA<sub>3</sub> and 0.25 g i.a. PBZ reduce height growth of *A. angustifolia*, providing important preliminary results for the use of plant regulator in this tree species.

**Key-words:** Paraná-Pine, plant growth regulator, gibberellin, anti-gibberellin

## 6.1 INTRODUÇÃO

Em programas de melhoramento de espécies perenes, existe a necessidade de indução de florescimento precoce com o objetivo de reduzir o tempo das etapas dos procedimentos de polinização controlada para recombinação de genótipos superiores (MORAES *et al.*, 2012b; MORAES *et al.*, 2014). Segundo Fonseca *et al.* (2010), com o uso de algumas técnicas é possível reduzir o tempo dos ciclos de seleção e, conseqüentemente, obter maiores ganhos genéticos em curto prazo.

Faz-se necessário o uso de reguladores vegetais com a finalidade de acelerar o período que as espécies florestais necessitam para atingir o estágio reprodutivo (MORAES *et al.*, 2013). Dessa forma, seria possível agilizar os programas de melhoramento dessas espécies facilitando a produção de sementes (MORAES *et al.*, 2014). O grande potencial dos reguladores vegetais é devido aos seus efeitos sobre os diferentes processos bioquímicos e fisiológicos das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2009) porém, sua eficácia varia de acordo com a espécie, regulador utilizado, concentração e método de aplicação (BONNET-MASIMBERT, 1987; CRUZ *et al.*, 2011; MORAES *et al.*, 2012a).

Os reguladores vegetais são quimicamente ativos, podendo atuar como promotores ou inibidores do crescimento. Dentre as substâncias utilizadas para promover o crescimento vegetal e induzir a floração em espécies florestais está o ácido giberélico (GA<sub>3</sub>), o qual promove principalmente o crescimento caulinar e foliar das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2009; MORAES *et al.*, 2012a).

O paclobutrazol (PBZ), pertencente ao grupo químico dos triazois, atua na planta como inibidor de crescimento (BERBERICH *et al.*, 2006), auxiliando também na formação e na indução de gemas florais (GARDNER *et al.*, 2013; MORAES *et al.*, 2012b; MORAES *et al.*, 2014). Ele inibe a biossíntese de ácido giberélico (MARSHALL *et al.*, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009), provocando modificações morfológicas em determinados gêneros e espécies (MORAES *et al.*, 2012b).

Em angiospermas lenhosas, o paclobutrazol inibe o crescimento vegetativo, sendo um estímulo para atingir o estágio reprodutivo, com grande



expressão e uso no gênero *Eucalyptus* (GRAÇA *et al.*, 1986; MORAES *et al.*, 2012a, 2012b; SILVA *et al.*, 2012). Já o uso de ácido giberélico em espécies de coníferas foi comprovado há anos, principalmente na família Pinaceae com maior expressão no gênero *Pinus*, principalmente para o estímulo da floração (BONNET-MASIMBERT, 1987). Porém, para a família Araucareaceae, nenhum estudo foi realizado com reguladores vegetais com o objetivo de indução do florescimento precoce.

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, espécie arbórea pertencente à família Araucariaceae, conhecida como pinheiro-do-Paraná, é uma espécie de ciclo de vida longo e com lento crescimento vegetativo. Suas árvores levam, em média, de 12 a 15 anos para atingirem a idade reprodutiva (CARVALHO, 2003), o que dificulta os programas de melhoramento genético e preservação. Além disso, o pinheiro-do-Paraná encontra-se ainda na lista de espécies ameaçadas de extinção (BRASIL, 2008; IUCN, 2013).

Neste contexto, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito de diferentes concentrações dos reguladores vegetais ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) e paclobutrazol (PBZ) em mudas de *A. angustifolia* com uma ou três aplicações, visando o acompanhamento das modificações no crescimento e promoção de florescimento precoce durante a fase juvenil destas.

## 6.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos de crescimento, desenvolvimento e indução de florescimento precoce em *A. angustifolia* foram conduzidos em uma área experimental de 1800 m<sup>2</sup>, pertencente a Embrapa Florestas, no município de Colombo – PR. O clima na região é, segundo a classificação de Köppen, subtropical e úmido (*cfb*) mesotérmico, com verões frescos, inverno com geadas frequentes, sem estação seca definida, com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C e temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C (Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR, 2016).

O plantio das mudas de origem seminal foi realizado em fevereiro/2014, quando estas apresentavam aproximadamente 7 meses de idade. O espaçamento utilizado foi de 3 m entre linhas e 2 m entre plantas (FIGURA 4.1 – A, B).

Em dezembro/2014, quando as mudas apresentavam aproximadamente 16 meses de idade foi iniciada a aplicação dos tratamentos com paclobutrazol (PBZ) e ácido giberélico (GA<sub>3</sub>), em quatro concentrações, aplicadas uma única vez (apenas em dezembro/2014) e três aplicações (dezembro/2014, março e junho/2015). Os tratamentos consistiram das seguintes concentrações de paclobutrazol: 0; 0,25; 0,5 e 1,0 g i.a. por centímetro de circunferência do colo da planta (MONCUR *et al.*, 1994) e, de ácido giberélico: 0, 150, 300 e 450 mg L<sup>-1</sup>, conforme o seguinte esquema (FIGURA 4.2):

Para o preparo das soluções aquosas utilizou-se o ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) sob a forma P.A. proveniente do Laboratório Merck e para o paclobutrazol (PBZ) foi utilizado o regulador comercial Cultar 250 SC, da empresa Syngenta, que apresenta uma concentração de 250 g L<sup>-1</sup> de PBZ e 750 g L<sup>-1</sup> de ingredientes inertes.

O GA<sub>3</sub> foi aplicado por meio de pulverização foliar de ácido giberélico, com auxílio de um pulverizador (FIGURA 4.2 - C) e o PBZ foi aplicado via solo, a 80% da capacidade de campo, em uma faixa de 30 cm da planta (FIGURA 4.2 - D). As plantas que consistiam no tratamento testemunha (P1, P2, G1 e G2) (FIGURA 4.2) não receberam nenhuma aplicação de reguladores, apenas irrigação ou pulverização com água.

As plantas foram avaliadas mensalmente, de dezembro/2014 (antes da primeira aplicação) a maio/2016 (após 510 dias da primeira aplicação), analisando-se as seguintes variáveis: porcentagem de sobrevivência, altura das plantas (cm) medida do colo da planta até seu ápice e diâmetro do colo (mm), sendo também observadas alterações morfológicas na arquitetura da planta e formação de estróbilos.

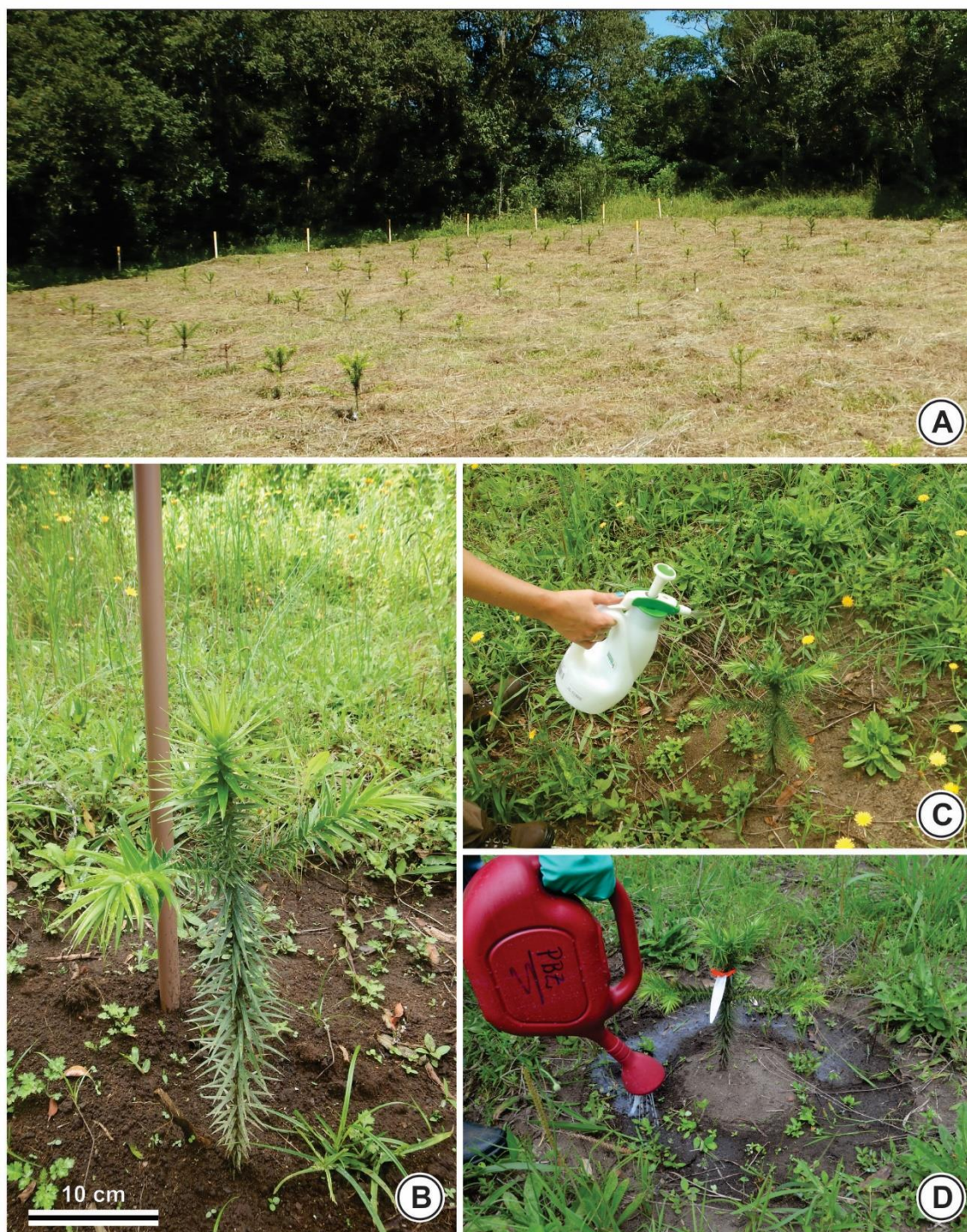


FIGURA 4. 1 - METODOLOGIA DO EXPERIMENTO: A - ÁREA DE PLANTIO DE MUDAS DE *A. angustifolia*; B - PLANTA DE *A. angustifolia* ANTES DE RECEBER A APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS; C - APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO ( $GA_3$ ) POR MEIO DE PULVERIZAÇÃO FOLIAR; D - APLICAÇÃO DE PACLOBUTRAZOL (PBZ) VIA SOLO. COLOMBO – PR. FOTOS: A AUTORA



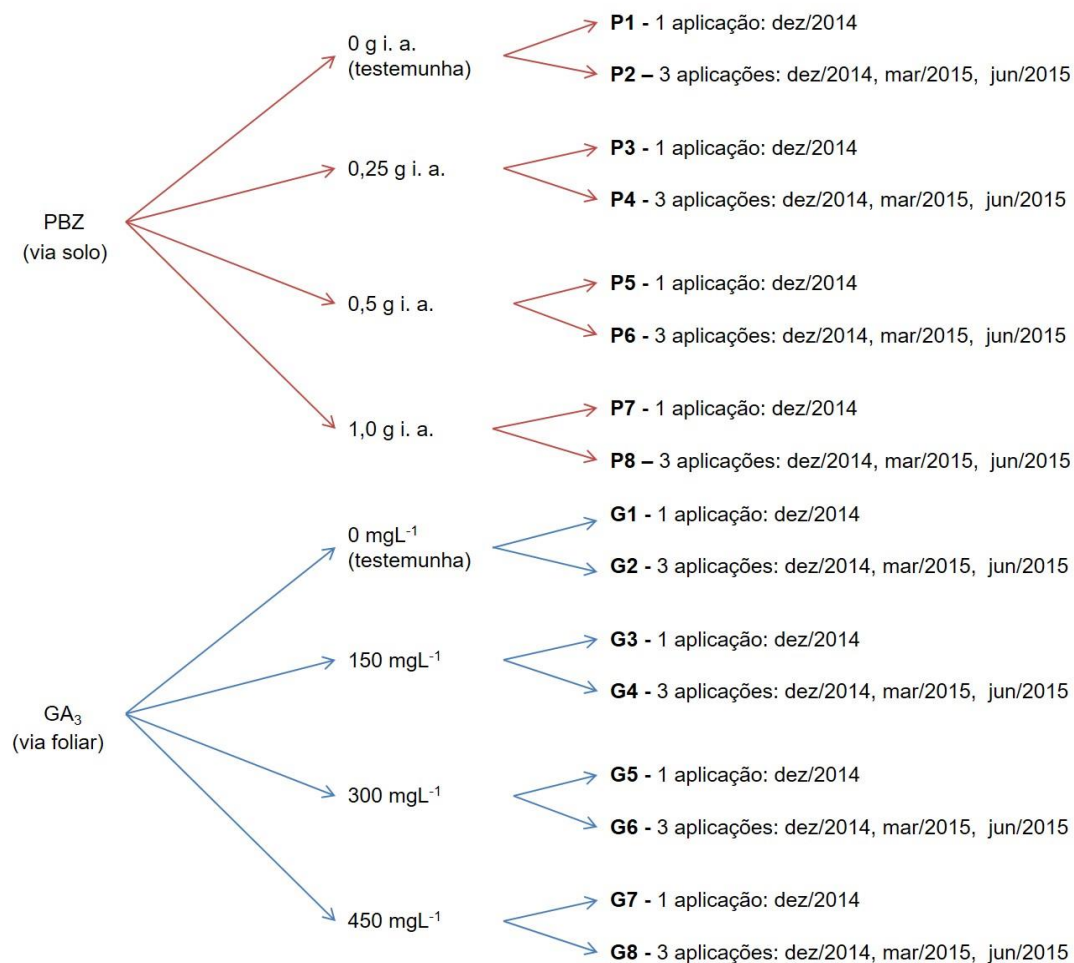


FIGURA 4. 2 - ESQUEMA DOS TRATAMENTOS DE PACLOBUTRAZOL (PBZ) E ÁCIDO GIBERÉLICO (GA<sub>3</sub>) APLICADOS EM *A. angustifolia*, COLOMBO – PR. A LETRA P REFERE-SE AOS TRATAMENTOS COM PBZ E A LETRA G REFERE-SE AOS TRATAMENTOS COM GA<sub>3</sub>

Para a análise estatística foram utilizadas apenas 9 avaliações, cujos os dados foram coletados a cada 60 dias, com exceção da segunda avaliação, que ocorreu após 30 dias da aplicação e a última avaliação (maio/2016), realizada após 120 dias da avaliação anterior (janeiro/2016).

Os experimentos com cada regulador vegetal foram conduzidos num delineamento em blocos ao acaso, num esquema fatorial 4 x 2 (quatro concentrações x duas quantidades de aplicações), com as nove avaliações arranjadas em esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições de 5 plantas por unidade experimental, perfazendo 20 plantas por tratamento, num total de 160 plantas para cada regulador vegetal. As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ( $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ ) e as médias

comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), com o auxílio do *software* estatístico ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009). O comportamento das variáveis estudadas, em função das épocas de avaliação, foi determinado pelo ajuste de modelos de regressão linear que tiveram por objetivo determinar a tendência das relações.

### 6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável porcentagem de sobrevivência, os resultados da análise de variância revelaram que não houve interação entre as concentrações, quantidade de aplicações e as avaliações, tanto para o experimento com ácido giberélico ( $GA_3$ ), como para o experimento com paclobutrazol (PBZ), demonstrando que os fatores são independentes. A análise revelou ainda que houve diferenças significativas apenas entre as avaliações (APÊNDICE 4.1).

Para o experimento com  $GA_3$  os resultados da análise de variância revelaram que a interação entre as concentrações, quantidade de aplicações e as avaliações foi significativa para a altura das plantas, enquanto que para o diâmetro não houve interação significativa, havendo diferenças significativas apenas entre as concentrações e entre as avaliações (APÊNDICE 4.2).

Com relação ao experimento onde foram comparadas diferentes concentrações de PBZ, os resultados da análise de variância revelaram que a interação entre as concentrações, quantidade de aplicações e as avaliações foi significativa para a altura e diâmetro de plantas de *A. angustifolia* (APÊNDICE 4.3).

De acordo com os resultados obtidos no experimento com  $GA_3$ , o teste de Tukey revelou que não existem diferenças entre as três primeiras avaliações, ocorrendo um decréscimo da sobrevivência das plantas após 150 dias de avaliação (TABELA 4.1). Já para o experimento com PBZ (TABELA 4.2), não houve diferença significativa entre as avaliações aos 30 e 90 dias, ocorrendo um decréscimo da sobrevivência após esse período. Na avaliação aos 510 dias observou-se o menor percentual de sobrevivência das plantas para os dois

experimentos, com 67% e 60 % de sobrevivência para o uso de GA<sub>3</sub> e para PBZ, respectivamente.

TABELA 4.1 - PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE PLANTAS *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO (GA<sub>3</sub>).

GA <sub>3</sub>	DIAS APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO							
	30	90	150	210	270	330	390	510
0 mg L <sup>-1</sup>	92	90	87	82	75	70	65	60
150 mg L <sup>-1</sup>	100	97	90	90	80	77	70	67
300 mg L <sup>-1</sup>	97	92	90	87	85	85	80	72
450 mg L <sup>-1</sup>	95	82	82	80	75	72	72	67
MÉDIA	96 a	90 ab	87 abc	85 bcd	79 cde	76 de	72 ef	67 f

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE

TABELA 4.2 - PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE PLANTAS *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE PACLOBUTRAZOL (PBZ).

PBZ	DIAS APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO							
	30	90	150	210	270	330	390	510
0 g i.a.	95	87	80	77	75	67	62	50
0,25 g i.a.	95	95	92	87	80	77	72	60
0,5 g i.a.	100	90	85	85	80	75	70	60
1,0 g i.a.	94	92	87	85	77	72	72	70
MÉDIA	96 a	91 ab	86 bc	83 bc	78 cd	73 d	69 d	60 e

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE

As tendências do comportamento da porcentagem de sobrevivência quando utilizados os reguladores vegetais GA<sub>3</sub> e PBZ podem ser representadas por um polinômio de 2º grau, que explica 98% da relação para o experimento com GA<sub>3</sub> (FIGURA 4.3 A) e 99% para o experimento com PBZ (FIGURA 4.3 B).

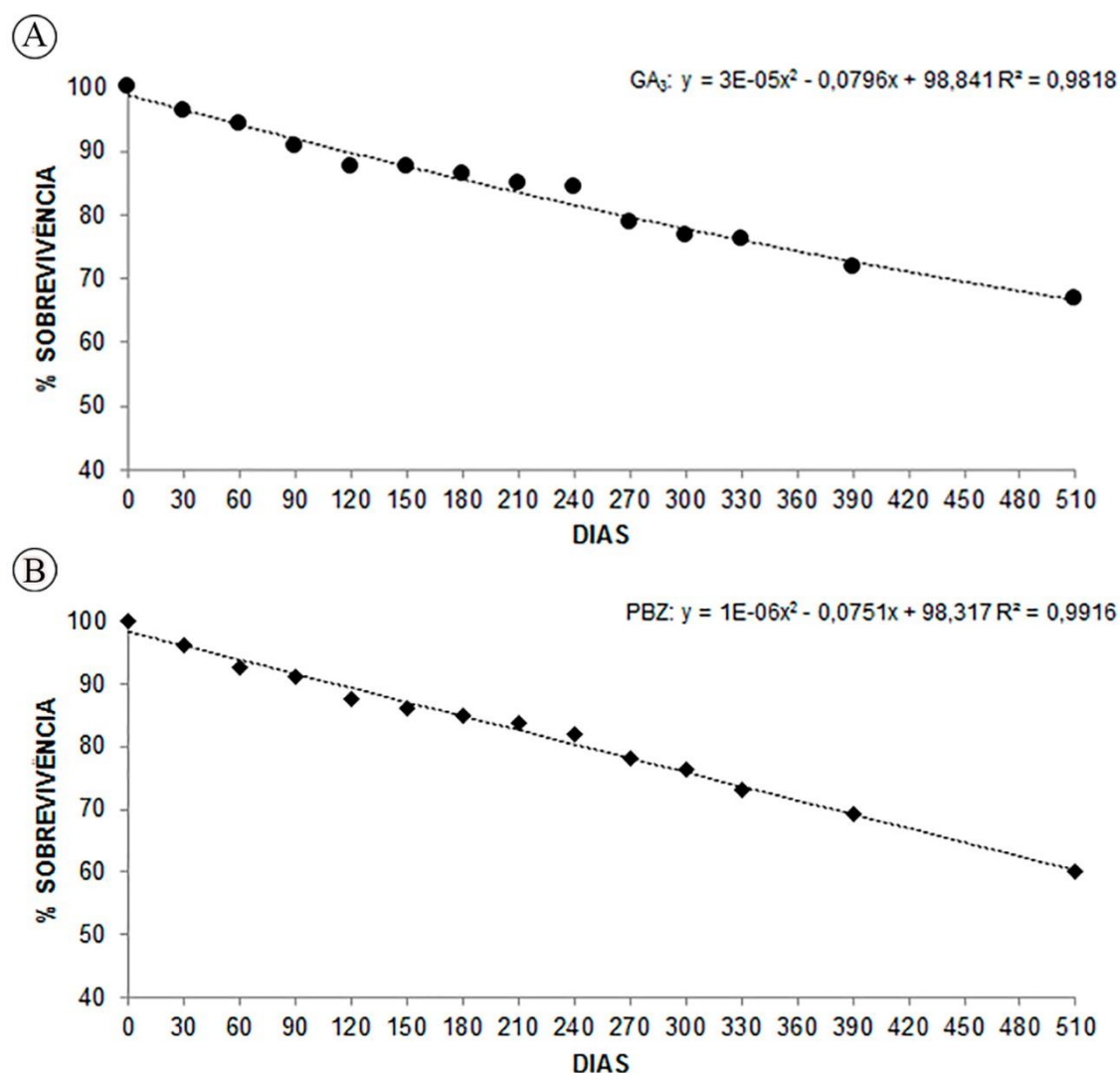


FIGURA 4. 3 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA A PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE PLANTAS DE *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE  $GA_3$  (A) E COM APLICAÇÃO DE PBZ (B)

Não foram observados sintomas visuais de fitotoxidez referente à aplicação de  $GA_3$  e PBZ. Porém, notou-se que independentemente do tratamento, algumas plantas apresentaram início de clorose nos ramos (FIGURA 4.4 - B), diferenciando-as das com desenvolvimento satisfatório (FIGURA 4.4 - A), a qual se estendeu por toda a planta culminando com sua morte. Ao analisar a morfologia das plantas mortas, observou-se a presença de um sistema radicular pouco desenvolvido (FIGURA 4.4 - C), demonstrando que as mudas não estavam totalmente adaptadas às condições de campo e, com a variação

de temperatura e umidade, acabaram morrendo. Esse fato demonstra problemas na qualidade das mudas utilizadas, pois não apresentavam um sistema radicular adequado para se desenvolver a campo.

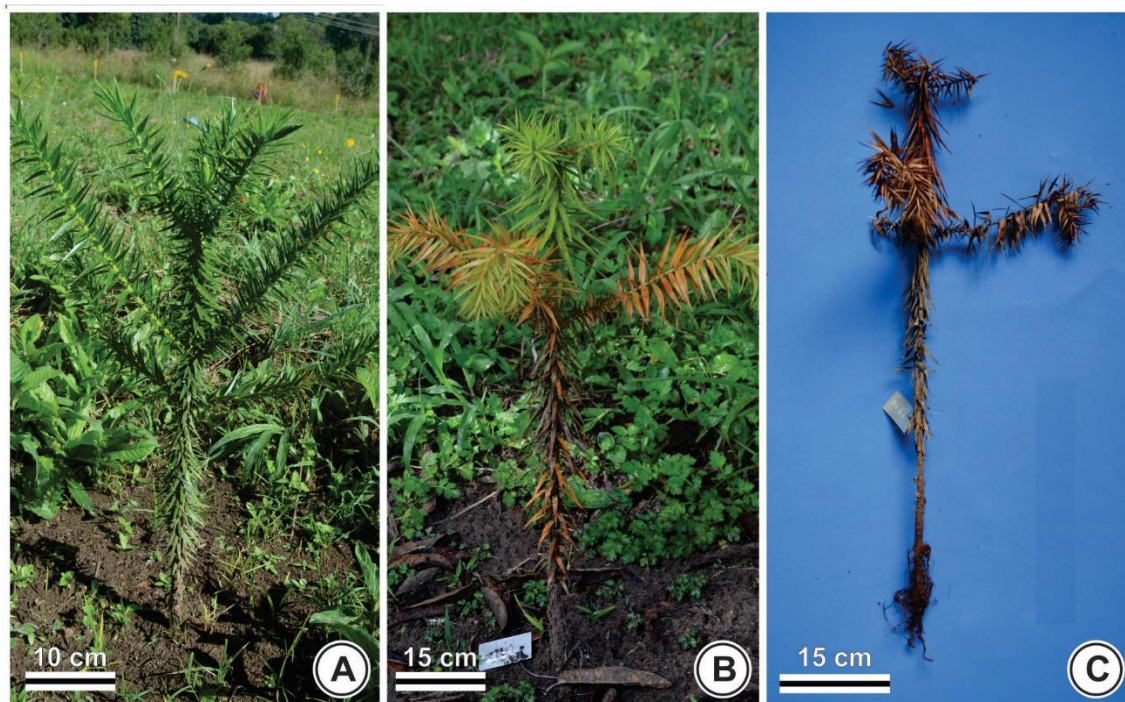


FIGURA 4. 4 – CARACTERIZAÇÃO GERAL DO EXPERIMENTO COM PLANTAS DE *A. angustifolia*: A – PLANTA COM DESENVOLVIMENTO SATISFATÓRIO; B – PLANTA COM INÍCIO DE SINTOMA DE CLOROSE; C – PLANTA MORTA, VERIFICANDO-SE O SISTEMA RADICULAR POUCO DESENVOLVIDO. FOTOS: A AUTORA

Ao avaliar a altura das plantas com a aplicação de  $GA_3$ , o teste de comparação de médias (TABELA 4.3) revelou existirem diferenças entre as concentrações apenas na avaliação aos 510 dias, onde a testemunha apresentou a maior média (87 cm). Quando comparadas as avaliações para cada concentração, verificou-se que ocorreu um incremento de altura ao longo do tempo de avaliação, com médias superiores às demais na avaliação aos 510 dias em todos os tratamentos com  $GA_3$ , com médias entre 78 a 87 cm.

Da mesma forma, ocorreu um aumento no diâmetro das plantas do experimento com  $GA_3$  ao longo das avaliações com maior média na avaliação aos 510 dias, com média de 16,3 mm (TABELA 4.4). Quando comparadas apenas as concentrações de  $GA_3$  verificou-se que não houve diferenças significativas entre elas.



As curvas de tendência para a altura das plantas em função das avaliações, para cada uma das concentrações de GA<sub>3</sub> avaliadas, podem ser representadas por um polinômio de 2º grau, que explicam 96% da relação existente para as concentrações de 0, 150 e 450 mg L<sup>-1</sup> (FIGURA 4.5 A, B, D) e 95% da relação para a concentração de 300 mg L<sup>-1</sup> (FIGURA 4.5 C). Para o diâmetro de plantas, nas concentrações testadas (0, 150, 300 e 450 mg L<sup>-1</sup>), as tendências do comportamento podem ser representadas por um polinômio de 2º grau, que explica 98% da relação (FIGURA 4.6 A, B, C, D).

TABELA 4.3 - ALTURA (cm) DE PLANTAS *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO (GA<sub>3</sub>).

GA <sub>3</sub>	DIAS APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO									MÉDIA
	0	30	90	150	210	270	330	390	510	
0 mg L <sup>-1</sup>	42 a F	45 a F	50 a E	52 a DE	54 a DE	56 a CD	59 a C	73 a B	87 a A	57
150 mg L <sup>-1</sup>	42 a G	45 a F	49 a EF	52 a DE	52 a DE	54 a D	58 a C	69 a B	81 b A	56
300 mg L <sup>-1</sup>	41 a F	45 a F	50 a E	52 a DE	53 a DE	54 a CD	57 a C	69 a B	79 b A	55
450 mg L <sup>-1</sup>	39 a G	43 a F	49 a E	51 a DE	52 a DE	55 a CD	58 a C	68 a B	78 b A	55
MÉDIA	41	45	49	52	53	54	58	70	81	

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA, MINÚSCULA NA VERTICAL E MAIÚSCULA NA HORIZONTAL, NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE

TABELA 4.4 - DIÂMETRO (MM) DE PLANTAS *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO (GA<sub>3</sub>).

GA <sub>3</sub>	DIAS APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO									MÉDIA
	0	30	90	150	210	270	330	390	510	
0 mg L <sup>-1</sup>	7,3	7,9	8,3	9,3	11,0	12,5	13,3	15,6	16,7	11,3 a
150 mg L <sup>-1</sup>	7,3	8,2	9,0	9,7	11,1	13,1	13,8	15,0	16,2	11,5 a
300 mg L <sup>-1</sup>	7,7	8,2	9,0	9,9	11,2	12,9	13,7	15,0	16,1	11,5 a
450 mg L <sup>-1</sup>	7,5	8,2	8,9	9,5	11,0	13,1	13,7	15,2	16,1	11,5 a
Média	7,4 G	8,1 FG	8,8 F	9,6 E	11,1 D	12,9 C	13,6 C	15,2 B	16,3 A	

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA, MINÚSCULA NA VERTICAL E MAIÚSCULA NA HORIZONTAL, NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE

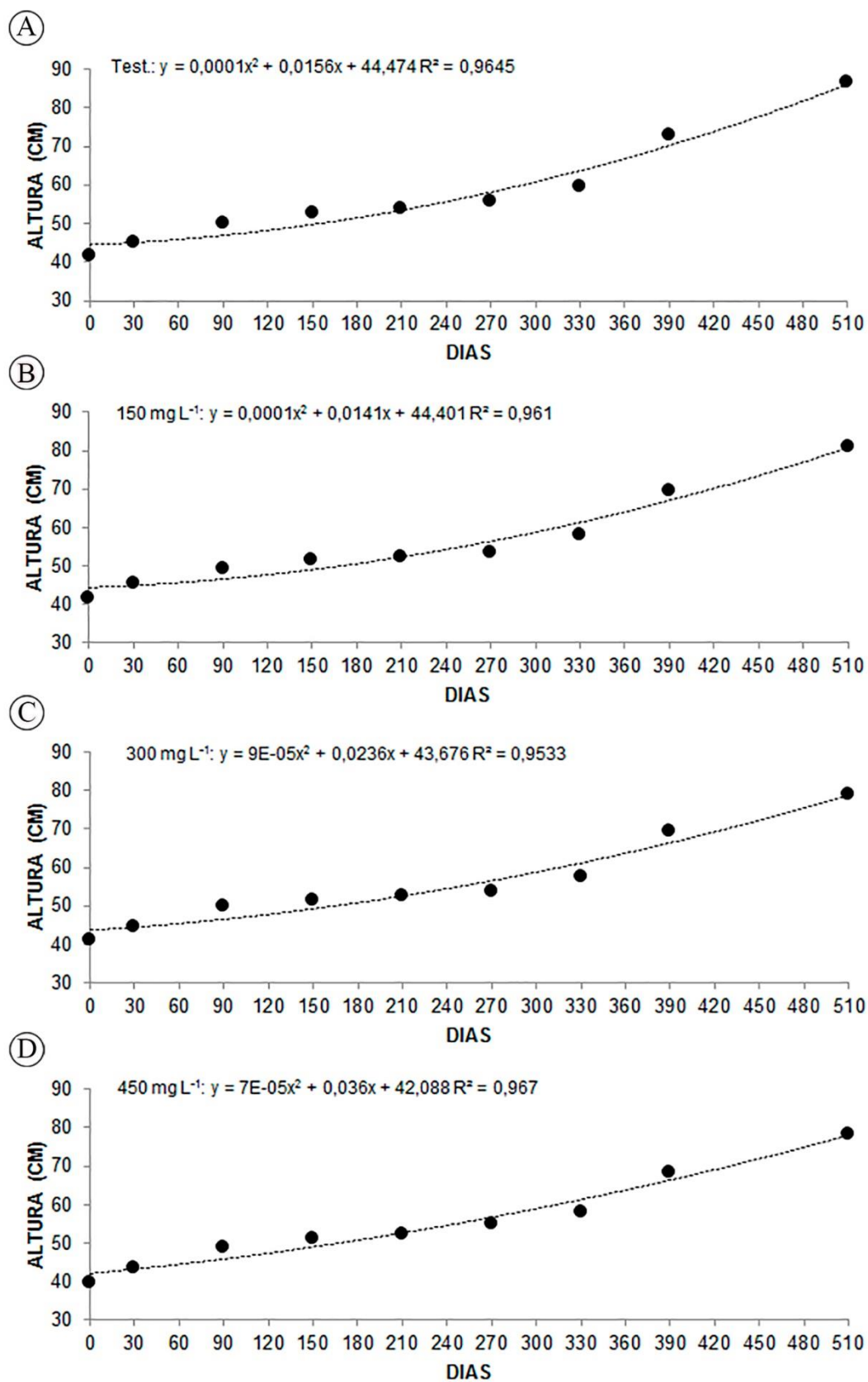


FIGURA 4. 5 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA A ALTURA DE PLANTAS DE *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE  $GA_3$ : TESTEMUNHA (A), 150 mg L<sup>-1</sup> (B), 300 mg L<sup>-1</sup> (C) E 450 mg L<sup>-1</sup> (D)

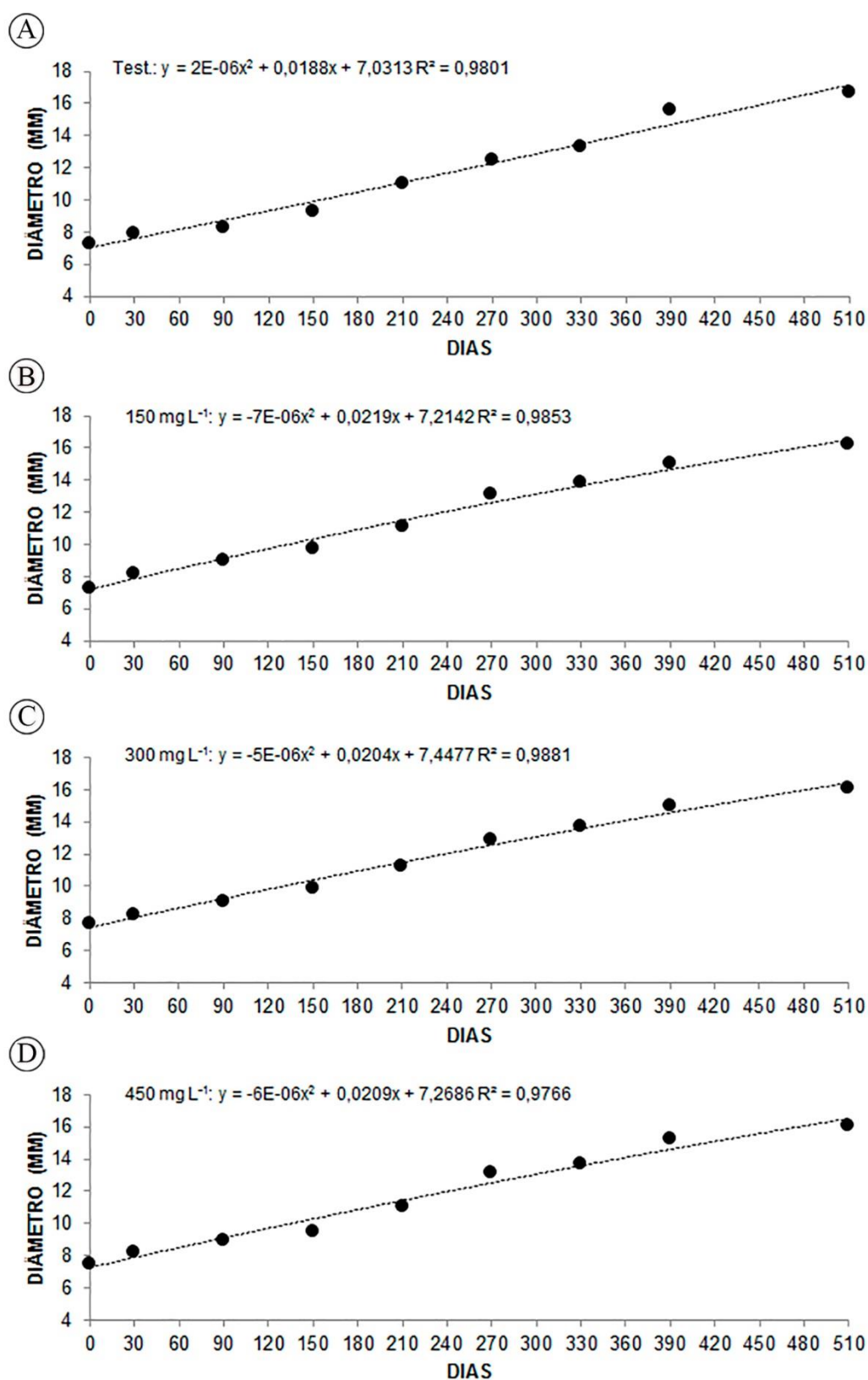


FIGURA 4.6 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA O DIÂMETRO DE PLANTAS DE *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE  $\text{GA}_3$ : TESTEMUNHA (A),  $150 \text{ mg L}^{-1}$  (B),  $300 \text{ mg L}^{-1}$  (C) E  $450 \text{ mg L}^{-1}$  (D)

Com a aplicação de PBZ verificou-se que ocorreu uma variação de resposta no crescimento em altura de plantas de *A. angustifolia*. Os dados (TABELA 4.5), na comparação entre as concentrações para cada época de avaliação, revelaram que aos 0 e 30 dias após a primeira aplicação não houve diferença significativa entre os tratamentos testados. De 90 à 270 dias após a primeira aplicação houve diferenças estatísticas entre as concentrações de 0,25 e 0,5 g i.a., que se expressão mais caracteristicamente a partir dos 330 dias até o final do experimento, sendo que a concentração de 0,25 g i.a. apresentou o menor crescimento em altura (50 cm). O uso do retardante de crescimento PBZ, causa alterações no metabolismo da planta, inibindo a produção natural de ácido giberélico, ocasionando diminuição da divisão celular e do alongamento (BERBERICH *et al.*, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Contrariamente, aos 390 e 510 dias, a concentração 0,5 g i.a. de PBZ apresentou incremento em altura superior às demais concentrações testadas. Quando comparadas as avaliações para cada concentração, verificou-se que ocorreu um incremento de altura ao longo do tempo de avaliação, com médias superiores (99 cm) às demais avaliações aos 510 dias em todos os tratamentos com PBZ.

Com relação ao crescimento em diâmetro de plantas de *A. angustifolia* sob a aplicação de PBZ, o teste de comparação de médias (TABELA 4.6) revelou existirem diferenças significativas entre as concentrações testadas a partir da avaliação aos 210 dias, onde concentração de 0,5 g i.a. de PBZ se mostrou superior às demais, com 20,6 mm, concomitante ao maior crescimento em altura. Isso se deve ao fato de que quando há um maior crescimento da parte área também ocorre um maior aumento do diâmetro das plantas (GOLDSCHMIDT *et al.*, 1998).

Quando comparadas as avaliações para cada concentração, verificou-se que ocorreu um incremento do diâmetro ao longo do tempo de avaliação, com o maior crescimento em diâmetro ocorrendo aos 510 dias para todas as concentrações avaliadas.

As curvas de tendência para a altura das plantas em função das avaliações, para cada uma das concentrações de PBZ avaliadas, podem ser

representadas por um polinômio de 2º grau, que explicam 96%, 92%, 96% e 96% da relação respectivamente (FIGURA 4.7 A, B, C, D). Para o diâmetro de plantas, nas concentrações testadas, as curvas de tendência podem ser representados por um polinômio de 2º grau, que explica 100% da relação nas concentrações de 0 e 0,25 g i.a. PBZ (FIGURA 4.8 A, B) e 98% da relação nas concentrações de 0,5 e 1,0 g i.a. PBZ (FIGURA 4.8 C, D).

TABELA 4.5 - ALTURA (CM) DE PLANTAS *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE PACLOBUTRAZOL (PBZ).

PBZ	DIAS APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO									MÉDIA
	0	30	90	150	210	270	330	390	510	
0 g i.a.	40 a G	44 a F	48 ab EF	50 ab DE	51 ab DE	52 ab D	57 ab C	67 b B	80 b A	54
0,25 g i.a.	37 a E	41 a E	46 b D	47 b CD	47 b CD	48 b CD	50 c C	57 c B	66 d A	49
0,5 g i.a.	41 a G	45 a F	51 a E	53 a DE	54 a DE	56 a D	61 a C	74 a B	99 a A	60
1,0 g i.a.	41 a E	44 a E	48 ab D	49 ab D	50 b D	50 b D	55 b C	64 b B	74 c A	52
MÉDIA	40	44	48	50	51	52	56	65	80	

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA, MINÚSCULA NA VERTICAL E MAIÚSCULA NA HORIZONTAL, NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE

TABELA 4.6 - DIÂMETRO (MM) DE PLANTAS *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE PACLOBUTRAZOL (PBZ).

PBZ	DIAS APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO									MÉDIA
	0	30	90	150	210	270	330	390	510	
0 g i.a.	7,3 a G	7,9 a G	8,6 a FG	9,7 a EF	11,1 b DE	12,5 b CD	13,1 bc BC	14,6 bc B	16,5 b A	11,2
0,25 g i.a.	7,3 a G	7,9 a FG	8,6 a FG	9,4 a EF	10,5 b DE	11,8 b CD	12,1 c BC	13,4 c B	15,1 b A	10,7
0,5 g i.a.	8,0 a G	8,6 a FG	9,6 a EF	10,8 a E	12,9 a D	15,8 a C	16,3 a C	18,5 a B	20,6 a A	13,4
1,0 g i.a.	7,6 a G	8,5 a FG	9,3 a EF	10,1 a DE	11,0 b D	13,0 b C	14,3 b BC	15,1 b AB	16,6 b A	11,7
MÉDIA	7,5	8,2	9,0	10,0	11,4	13,2	13,9	15,4	17,2	

\*MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA, MINÚSCULA NA VERTICAL E MAIÚSCULA NA HORIZONTAL, NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE ENTRE SI, PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE

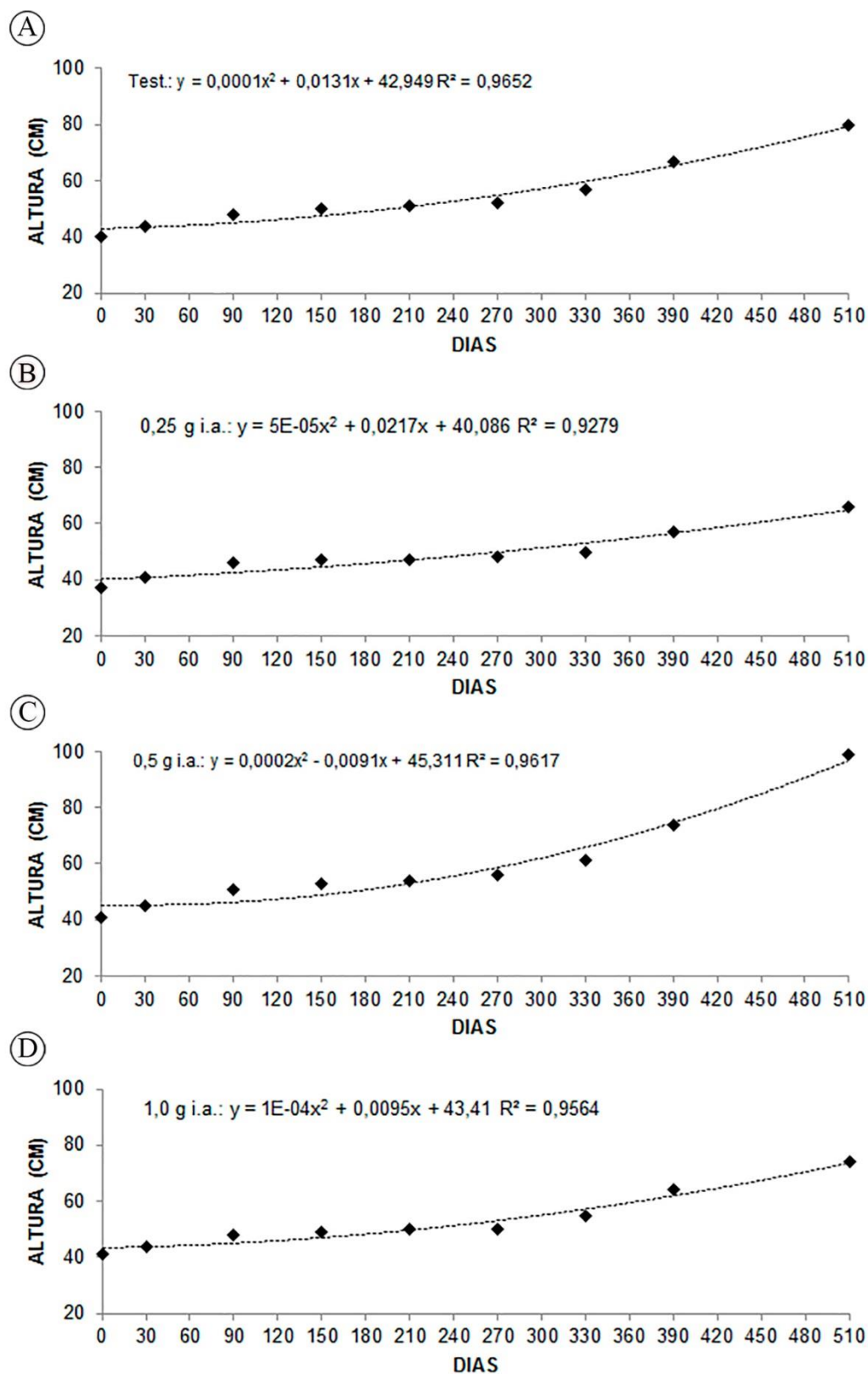


FIGURA 4.7 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA A ALTURA DE PLANTAS DE *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE PBZ: TESTEMUNHA (A), 0,25 g i. a. (B), 0,5 g i. a. (C) E 1,0 g i. a. (D)



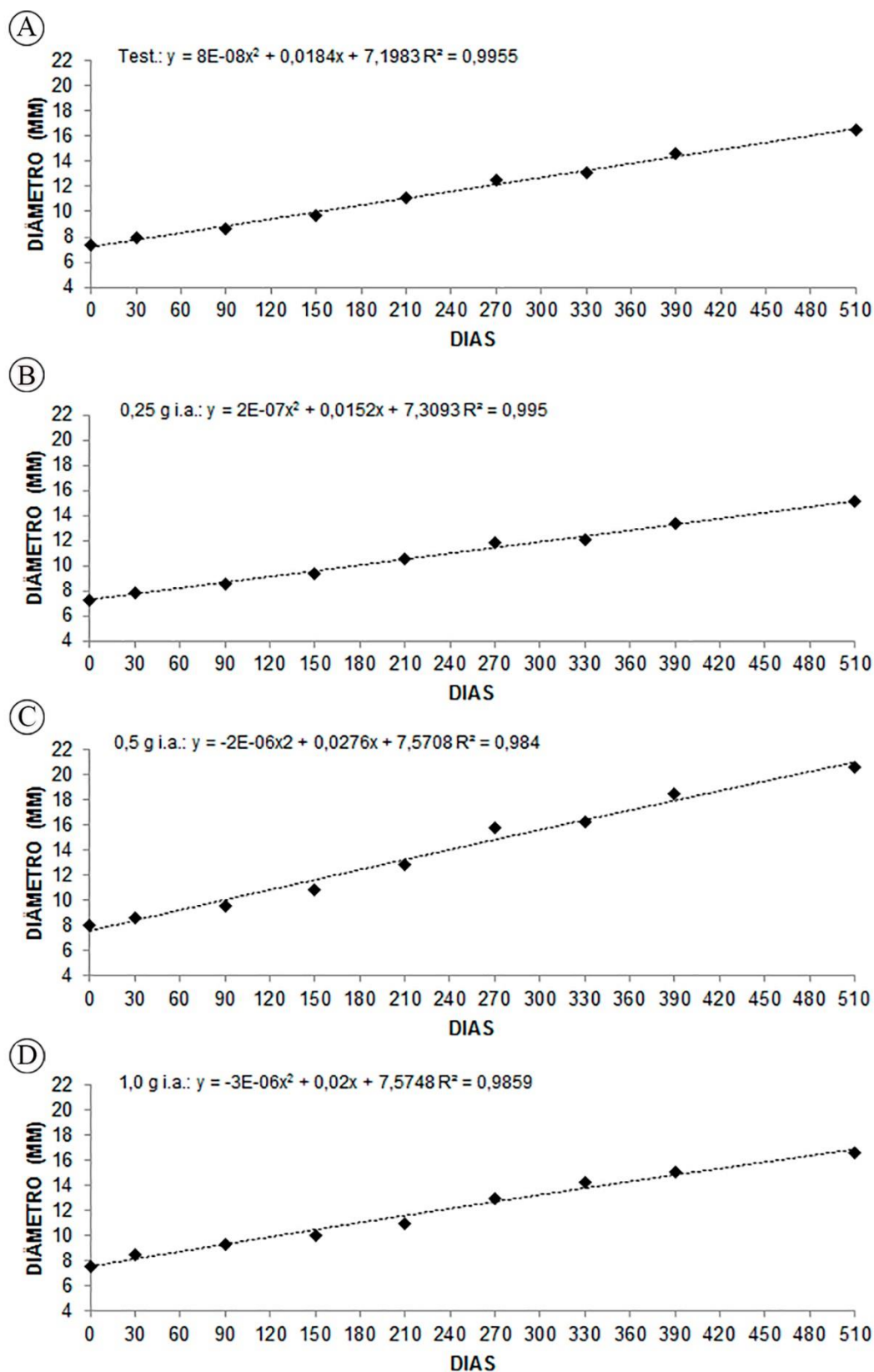


FIGURA 4.8 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS PARA O DIÂMETRO DE PLANTAS DE *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE PBZ: TESTEMUNHA (A), 0,25 g i. a. (B), 0,5 g i. a. (C) E 1,0 g i. a. (D)

A redução do crescimento em altura e a ausência de efeito de indução de florescimento precoce apresentados pelas plantas deste experimento com aplicação de PBZ são semelhantes ao que ocorreu com outras espécies arbóreas, como em *Hymenaea courbaril* L. (jatobá) e *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden após 12 meses e 4 meses da aplicação, respectivamente (MORAES *et al.*, 2013; MORAES *et al.*, 2014). Porém, para essas espécies também foram constatadas alterações na morfologia das plantas. Entretanto esses estudos citados foram realizados em plantas mantidas em vaso, diferentemente do presente trabalho, o que pode estar relacionado a esse efeito mais pronunciado devido ao maior controle da disponibilidade de PBZ para as raízes das plantas em comparação com os tratamentos à campo. Contrariamente a essas espécies, *A. angustifolia* é uma gimnosperma com lento crescimento, o que pode explicar o pouco efeito sobre a morfologia das plantas até os 18 meses de avaliação.

No período avaliado, não foram evidenciadas alterações na estrutura das plantas com aplicação de GA<sub>3</sub> e PBZ, ou a formação de estróbilos, os quais indicariam o florescimento precoce em *A. angustifolia* durante a vigência deste estudo. Isso evidencia que a resposta à aplicação de reguladores vegetais depende da espécie (GRAÇA *et al.*, 1986). Sabe-se que *A. angustifolia* apresenta crescimento lento, atingindo a fase reprodutiva com 12 a 15 anos de idade (CARVALHO, 2003). Diante disso, pode-se supor que a juvenilidade das plantas utilizadas, com aproximadamente 16 meses de idade no início das aplicações, influenciou na resposta dos reguladores vegetais, pois as mesmas eram muito jovens para apresentar desenvolvimento de estruturas reprodutivas.

Para outras técnicas de precocidade reprodutiva, observa-se que *A. angustifolia* também apresenta uma demora na resposta de florescimento. Ao utilizar a enxertia visando a precocidade reprodutiva, observou-se que plantas masculinas e femininas florescem somente 4 anos e 6,5 anos, respectivamente, após a realização da enxertia (WENDLING, 2011, 2015). Assim, pode-se supor que as plantas utilizadas no presente estudo poderão apresentar uma demora para o aparecimento de diferenças morfológicas com a aplicação dos tratamentos, sendo necessário um acompanhamento por mais tempo.

O fato do PBZ ser um regulador que é lentamente absorvido quando aplicado via solo (CRUZ *et al.*, 2009), apresentando alta persistência (FERRACINI *et al.*, 2008) e efeito residual, com uma taxa de estabilização de 55% de disponibilidade do regulador (MAGANHOTTO *et al.*, 2003) pode indicar que plantas de *A. angustifolia* apresentaram redução após 330 dias da primeira aplicação. Isso provavelmente ocorreu devido ao produto translocar-se pelos vasos condutores das plantas lentamente, retardando seu efeito (MORAES *et al.*, 2013). Outras respostas podem surgir após um período de tempo mais prolongado do que foi avaliado. A literatura cita que a meia vida do PBZ gira em torno de 3 meses a anos (MAGANHOTTO *et al.*, 2003; FERRACINI *et al.*, 2008), fato que pode afetar o crescimento das plantas do presente estudo nos anos subsequentes.

Para espécies de coníferas, a indução do florescimento precoce é precedida por um período de alongamento da parte aérea e está diretamente relacionada com a concentração endógena de hormônios vegetais, mais precisamente ácido giberélico (WEBBER *et al.* 1985). É possível que as concentrações utilizadas não tenham sido suficientes para elevar a concentração endógena de ácido giberélico, a ponto de induzir o florescimento. Outra possibilidade seria o fato dessa espécie não responder à aplicação de GA<sub>3</sub> ou de giberelinas em geral, a exemplo de muitas espécies de coníferas (BOTIN; CARVALHO, 2015).

Nas condições deste trabalho, a ausência de efeitos leva a considerar que o ácido giberélico e o paclobutrazol podem ter sido aplicados sob condições desfavoráveis da planta, baixas concentrações dos reguladores, problemas de absorção dos mesmos, não sendo eficazes em alterar o crescimento dessa espécie. Respostas sobre o crescimento da planta nem sempre ocorrem. Deve-se considerar a concentração aplicada do regulador vegetal, sua absorção e estágio de desenvolvimento que a planta apresenta no momento da aplicação (GOLDSCHMIDT *et al.*, 1998; CRUZ *et al.*, 2011).

Embora os resultados obtidos neste estudo não tenham correspondido à expectativa com relação à indução do florescimento precoce de *A. angustifolia*, eles fornecem subsídios para que pesquisas futuras sejam efetuadas, visando a elucidação de mecanismos de indução de florescimento dessa espécie.

## 6.4 CONCLUSÕES

Nas condições do presente estudo concluiu-se que nas variáveis analisadas:

A aplicação de ácido giberélico ( $GA_3$ ) apresenta efeitos sob o crescimento vegetativo, reduzindo a altura de plantas de *A. angustifolia*.

A aplicação de paclobutrazol (PBZ) na concentração de 0,25 g i.a. mostrou efeito no crescimento vegetativo, reduzindo a altura de plantas de *A. angustifolia*, fornecendo resultados preliminares importantes para a utilização do regulador vegetal nessa espécie arbórea.

A aplicação de  $GA_3$  ou PBZ não apresentou nenhum efeito sobre a estrutura das plantas e indução de florescimento precoce em *A. angustifolia* até 18 meses após a primeira aplicação. Sugere-se a necessidade de avaliações das plantas por mais tempo, haja visto o lento crescimento que a espécie apresenta.

## REFERÊNCIAS

BERBERICH, S.; SNYDER, J.; GENEVE, R.; WILLIAMS, M. A. Growth and flowering response of container grown passion flower cultivars to fertilizer and paclobutrazol. **Journal Environmental Horticulture**, v. 24, n. 2, p. 109-114, 2006.

BONNET-MASIMBERT, M. Floral induction in conifers: a review of available techniques. **Forest Ecology and Management**, v. 19, p. 135-146, 1987.

BOTIN, A. A.; CARVALHO, A. de. Reguladores de crescimento na produção de mudas florestais. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 13, n. 1, p. 83-96, 2015.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA). Instrução Normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008. Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v. 145, n. 185, 24 set. 2008. Seção 1, p. 75-83.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. p. 801-812.

CRUZ, M. do C. M. da; SIQUEIRA, D. L. de; SALOMÃO, L. C. C.; CECOM, P. R. Florescimento de Limeira-ácida 'Tahiti' submetida a estresse hídrico e tratada com paclobutrazol. **Científica**, v. 37, n. 2, p. 53-60, 2009.

CRUZ, M. C. M.; SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C.; CECOM, P. R. Influência do paclobutrazol e da temperatura ambiente sobre o florescimento e frutificação da limeira ácida 'Tahiti'. **Ciência Agropecuária**, v. 32, n. 4, p. 1148-1153, 2008.

CRUZ, M. C. M.; OLIVERIA, A. F.; OLIVEIRA, D. L.; NETO, J. V. Flowering and vegetative growth of olive tree submitted to pruning and paclobutrazol application. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 23, n. 2, p. 105-111, 2011.

FERRACINI, V. L.; QUEIROZ, S. C. N.; GOMES, M. A. F.; ROSA, M. A.; LOPES, P. R. C. **Determinação de paclobutrazol em solo por cromatografia líquida de alta eficiência**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 4 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado técnico, 49). Disponível em: [http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/8163/1/comunicado\\_49.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/8163/1/comunicado_49.pdf). Acesso em: 10 ago. 2016.

FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V.; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ASSIS, T. F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 200 p.

GARDNER, R. A. W.; BERTLING, I.; SAVAGE, M. J. Overhead irrigation increased winter chilling and floral bud production in *Eucalyptus nitens*. **Southern Forests**, v. 75, n. 4, p. 199-212, 2013.

GOLDSCHMIDT, E. E.; TAMIM, M.; GOREN, R. Gibberellins and flowering in citrus and other fruit trees. **Acta Horticulturae**, v. 1, n. 464, p. 201-216, 1998.

GRAÇA, M. E. C.; ZANON, A.; VALIO, I. F. M.; COOPER, M. A. Influência de reguladores de crescimento e da adubação no florescimento e crescimento de *Eucalyptus dunnii* Maid. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 13, p. 47-56, 1986.

IUCN. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2013.2. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/details/32975/0>>. Acesso em 28 - jun - 2016.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. 2016. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 10 abril 2016.

MAGANHOTTO, C. M. S. S.; FAY, E. F.; VIEIRA R. F. Degradação do paclobutrazol em solos tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 10, p. 1223-1227, 2003.

MONCUR, M. W.; RASMUSSEN, G. F.; HASAN, O. Effect of paclobutrazol on flower-bud production in *Eucalyptus nitens* espalier seed orchards. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 24, p. 46-49, 1994.

MORAES, C. B.; ABÍLIO, F. M.; PIERONI, G. B.; MOREIRA, R. M.; ONO, E. O.; MORI, E. S. Biorreguladores e bioestimulantes em polinização controlada: utilização prática. In: WORKSHOP DE MANEJO DE POMARES DE POLINIZAÇÃO CONTROLADA, 2012, Lençóis Paulista. **Anais...** Série Técnica IPEF, v. 16, n. 37, p. 9-12, 2012 a.

MORAES, C. B.; ZIMBACK, L.; UESUGI, G.; GUERRINI, I. A.; MORI, E. S.. Alterações morfológicas em *Eucalyptus* sob a aplicação de biorreguladores. **Revista do Instituto Florestal**, v. 24, n. 2, p. 251-257, 2012 b.

MORAES, C. B.; UESUGI, G.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; GUERRINI, I. A.; MORI, E. S. Influência do uso de biorreguladores no crescimento de *Hymenaea courbaril*. **Revista do Instituto Florestal**, v. 25, n. 2, p. 223-229, 2013.

MORAES, C. B.; CARIGNATO, A.; UESUGI, G.; ABÍLIO, F. M.; PALOMINO, E. C.; MORI, E. S. Variabilidade genética e alterações morfológicas em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus grandis* sob o efeito de paclobutrazol. **Científica**, v. 42, n. 4, p. 396-403, 2014.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. A new version of the Assistat-Statistical Assistance *Software*. In: **World Congress on computers in agriculture**. Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p. 393-396.

SILVA, P. H. M.; MORAES, C. B.; MORI, E. S. **Polinização controlada em eucaliptos nas empresas florestais brasileiras**. Piracicaba: IPEF, 2012. 15 p. (Circular Técnica IPEF, n. 204).

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Armad, 2009. 848 p.

WEBBER, J. E.; ROSS, S. D.; PHARIS, R. P.; OWENS, J. N. Interaction between gibberellin A4/7 and root-pruning on the reproductive and vegetative process in Douglas-fir. II-Effects on shoot elongation and its relationship to flowering. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 15, p. 348-53, 1985.

WENDLING, I. **Enxertia e florescimento precoce em *Araucaria angustifolia***. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 7p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 272). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/41903/1/CT272.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2016.

WENDLING, I. **Tecnologia de enxertia de *Araucaria angustifolia* para produção precoce de pinhões**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 7 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 351). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125311/1/CT-351-lvar.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

## 7 CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições em que foram desenvolvidos os experimentos com *A. angustifolia*, é possível concluir que:

Para o experimento com métodos de resgate vegetativo, a decepa de árvores jovens foi o método mais eficiente tecnicamente, proporcionando maior produção e maior crescimento das brotações com hábito de crescimento ortotrópico. Entretanto, quando há necessidade de manutenção da planta matriz ou por conta de restrições legais pode-se utilizar a técnica de anelamento parcial, mesmo com baixa produção de brotos epicórmicos. Quando há necessidade de manutenção da planta matriz recomenda-se a técnica de anelamento parcial, mesmo com baixa produção de brotos epicórmicos. As técnicas de resgate vegetativo foram eficientes na indução de brotações ortotrópicas.

Para o experimento de enxertia, a borbulhia de placa realizada em outubro é a mais promissora, apresentando maior porcentagem de sobrevivência e brotação, sendo a mais recomendada também devido a menor demanda de material utilizado na propagação. Os locais de estabelecimento dos porta-enxertos (“indoor” e “outdoor”) não interferem na sobrevivência dos enxertos, não necessitando de um ambiente controlado para o uso da técnica, podendo ser realizada diretamente em plantas à campo. A porcentagem de sobrevivência dos enxertos apresenta estabilização aos 180 dias após a enxertia (DAE), demonstrando que após esse período não há perdas na produção de mudas enxertadas.

Quanto ao experimento de qualidade da soldadura dos enxertos, as técnicas de borbulhia de placa e de flauta apresentam diferenças visuais, porém estas não são suficientes para determinar a sobrevivência dos enxertos. Tanto na borbulhia de placa quanto na de flauta, há conexão dos tecidos entre enxerto e porta-enxerto nas diferentes classes de soldadura. Independente da qualidade da soldadura ocorre a estabilização da sobrevivência dos enxertos após 180 DAE. A qualidade da soldadura subestimou a porcentagem de sobrevivência dos enxertos. Visualmente, houve diferença na qualidade de soldadura; no entanto, anatomicamente, todas as classes apresentaram conexão vascular, o que parece ser um fator determinante para o sucesso da enxertia.



Quanto à aplicação de reguladores vegetais em plantas juvenis de *A. angustifolia*, a aplicação de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) apresenta efeitos sob o crescimento vegetativo, reduzindo a altura de plantas. A aplicação de paclobutrazol (PBZ) na concentração de 0,25 g i.a. mostrou efeito no crescimento vegetativo, reduzindo a altura, fornecendo resultados preliminares importantes para a utilização do regulador vegetal nessa espécie arbórea.

Além disso, a aplicação de GA<sub>3</sub> ou PBZ não apresentaram nenhum efeito sobre a estrutura das plantas e indução de florescimento precoce em *A. angustifolia* até 18 meses após a primeira aplicação. Sugere-se a necessidade de avaliações das plantas por mais tempo, haja visto o lento crescimento que a espécie apresenta.

## REFERÊNCIAS

AJAMGARDA, F.; RAHEMIA, M.; VAHDATIBA, K. Development of improved techniques for grafting of pecan. **Scientia Horticulturae**, n. 204, p. 65-69, 2016.

ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 445-453, 2007.

ANSELMINI, J. I.; ZANETTE, F. Microenxertia e sua caracterização morfológica em *Araucaria angustifolia*. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 967-973, 2008.

AQUILA, M. E. A.; FERREIRA, A. G. Germinação de sementes escarificadas de *Araucaria angustifolia* em solo. **Ciência e Cultura**, v. 36, n. 9, p. 1583-1589, 1984.

AURAS, N. E. Indução de florescimento precoce em angiospermas arbóreas: perspectivas de uso de técnicas em espécies da Mata Atlântica. **Biotemas**, v. 14, n. 1, p. 7-18, 2001.

BANDEL, G.; GURGEL, J. T. A. Proporção do sexo em pinheiro-brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. Silvicultura - **Revista Técnica do Serviço Florestal do Estado de São Paulo**. p. 209-220, 1967.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA). Instrução Normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008. Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, v. 145, n. 185, 24 set. 2008. Seção 1, p. 75-83.

BOTIN, A. A.; CARVALHO, A. de. Reguladores de crescimento na produção de mudas florestais. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 13, n. 1, p. 83-96, 2015.

BURROWS, G. E. Axillary meristem ontogeny in *Araucaria cunninghamii* Ainton ex D. Don. **Australian Journal Botany**, v. 34, p. 357-375, 1986.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. p. 801-812.

CASTELLA, P. R.; BRITEZ, R. M. A. (org.). **Floresta com Araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 233 p.

CHEN, Z.; ZHAO, J.; QIN, Y.; HU, G. Study on the graft compatibility between 'Jingganghongnuo' and other litchi cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 199, p. 56-62, 2016.

CODESIDO, V.; MERLO, E. Comunicación corta. Inducción floral mediante aplicación de GA4/7 y fertilización mineral en el huerto semillero de *Pinus radiata* D. Don de Sergude (Galicia). **Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales**, v. 16, n. 3, p. 262-266, 2007.

CONAMA. Resolução CONAMA Nº 278/2001. Dispõe contra corte e exploração de espécies ameaçadas de extinção da flora da Mata Atlântica. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 138, p. 51-52, 18 jul. 2001.

CONSTANTINO, V.; ZANETTE, F. Produção de borbulhas ortotrópicas para enxertia de *Araucaria angustifolia*. **Acta Biológica Paranaense**, v. 44, n. 3-4, p. 49-55, 2015.

CORDENUNSI, B.R.; MENEZES, E.W.; GENOVESE, M.I.; DOLLI, C.; SOUZA, A.G.; LAJOLO, F.M. Chemical composition and glycemic index of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 52, p. 3412 - 3416, 2004.

COX, M. C. H.; BENSCHOP, J. J.; VREEBURG, R. A. M.; WAGEMAKERS, C. A. M.; MORITZ, T.; PEETERS, A. J. M.; VOESENEK, L. A. C. J. The roles of ethylene, auxin, abscisic acid, and gibberellin in the hyponastic growth of submerged *Rumex palustris* petioles. **Plant Physiology**, n. 136, p. 2948-2960, 2004.

CRUZ, M. C. M.; OLIVERIA, A. F.; OLIVEIRA, D. L.; NETO, J. V. Flowering and vegetative growth of olive tree submitted to pruning and paclobutrazol application. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 23, n. 2, p. 105-111, 2011.

DANNER, M. A.; ZANETTE, F.; RIBEIRO, J. Z. O cultivo da araucária para produção de pinhões como ferramenta para a conservação. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 441-451, 2012.

DIAS, F. P.; CASTRO, D. M. de; MENDES, A. N. G.; VALLONE, H. S.; CARVALHO, A. M. de; CARVALHO, G. R. Estudo anatômico de cafeeiros enxertados. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 735-742, 2009.

DIAS, P. C.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S. de; FÉLIX, F. de A.; PIRES, I. E. Resgate vegetativo de árvores de *Anadenanthera macrocarpa*. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 83-89, 2015.

DUARTE FILHO, J.; ANTUNES, L. E. C.; PÁDUA, J. G. de. GA<sub>3</sub> e paclobutrazol no florescimento e na produção de frutos em duas cultivares de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 21, p. 202-205, 2004.

ESTRADA-LUNA, A. A.; LÓPEX-PERALTA, C.; CÁRDENAS-SORIANO, E. In vitro micrografting and the histology of graft union formation of selected species of prickly pear cactus (*Opuntia* spp.). **Scientia Horticulturae**, v. 92, p. 317-327, 2002.

FOWLER, J. A. P. **Diversidade genética por marcador RAPD em populações naturais de *Piptocarpha angustifolia* Dusén ex Malme**. 2008. 71 p. Tese (doutorado). 1 CD-ROM

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. 307 p.

GURGEL, J. T. A.; GURGEL-FILHO, C. A. Métodos de enxertia para o pinheiro brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Ktze., visando à formação de pomares de sementes. **Sivilcultura em São Paulo**, v. 6, p. 153-155, 1967.

HARTMANN, H. T.; KERSTER, D. E.; DAVIES JR, F. T.; GENEVE, R. L. **Hartmann and Kerster's PLANT PROPAGATION: principles and practices**. 8 ed. Boston: Prentice Hall. 2011. 915 p.

IBAMA. **Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite**. 2014. Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/mataatlantica/index.htm>. Acesso em: 04 set. 2014.

IUCN. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2013.2. Disponível em: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Acesso em 28 set. 2016.

IRITANI, C. **Aspectos múltiplos da cultura in vitro da *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze.** 1997. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

IRITANI, C.; ZANETTE F.; CISLINSKI, J. Aspectos anatômicos da cultura *in vitro* da *Araucaria angustifolia*. I. Organização e desenvolvimento dos meristemas axilares ortotrópicos de segmentos caulinares. **Acta Biologica Paranaense**, v. 21, n. 1, 2, 3, 4, p. 57-76, 1992.

KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Propagação vegetativa por enxertia em *Araucaria angustifolia*. **IPEF**, n. 11, p. 95-102, 1975.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.

MACHADO, B. D.; BOGO, L. R. A.; KREZTSCHMAR, A. A.; SIMÕES, F. Compatibilidade fenotípica entre cultivares de pereiras europeias e porta-enxertos de marmeleiro. **Ciência Rural**, v. 45, n. 9, p. 1551-1556, 2015.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.

MARTÍNEZ-BALLESTA, M. C.; ALCARAZ-LÓPEZ, C.; MURIES, B.; MOTA-CADENAS, C.; CARVAJAL, M. Physiological aspects of rootstock–scion interactions. **Scientia Horticulturae**, v. 127, p. 112-118, 2010.

MIELKE, E.; CUQUEL, F. L.; KOEHLER, H. S.; GEISS, J. Indução de florescimento de plantas de ciclâmen após a aplicação de GA<sub>3</sub>. **Ciência Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 87-92, 2008.

MORAES, C. B.; ABÍLIO, F. M.; PIERONI, G. B.; MOREIRA, R. M.; ONO, E. O.; MORI, E. S. Biorreguladores e bioestimulantes em polinização controlada: utilização prática. In: WORKSHOP DE MANEJO DE POMARES DE POLINIZAÇÃO CONTROLADA, 2012, Lençóis Paulista. **Anais...** Série Técnica IPEF, v. 16, n. 37, p. 9-12, 2012.

MOUCO, M. A. do C.; ALBUQUERQUE, J. A. S. Efeito do paclobutrazol em duas épocas de produção da mangueira. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 219-225, 2005.

MUDAY, G. K. Auxins and tropisms. **Journal of Plant Growth Regulation**, n. 20,

226-243. 2001.

NIKLES, D. G. **The development of a new method for grafting hoop on kauri pines.** Queensland Forest Service, Brisbane, p. 1-31, 1961.

NIKLES, D. G. *A. cunninghamii* “bark-patch” grafting in the field. **Australian Forest Research**, v. 1, n. 1, p. 45-47, 1964.

NUNES, J. C. de O.; ABREU, M. F. de; DANTAS, A. C. de M.; PEREIRA, A. J.; PEDROTTI, E. L. Caracterização morfológica de microenxertia em macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 80-83, 2005.

PINA, A.; ERREA, P. A review of new advances in mechanism of graft compatibility – incompatibility. **Scientia Horticulturae**, v. 106, p. 1-11, 2005.

PINA, A.; ERREA, P.; MARTENS, H. J. Graft union formation and cell-to-cell communication via plasmodesmata in compatible and incompatible stem unions of *Prunus* spp. **Scientia Horticulturae**, v.143, p. 144–150, 2012.

PIRES, P. P.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. Ácido indolbutírico e ortotropismo na miniestaquia de *Araucaria angustifolia*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 393-399, 2013.

RICKLI, H. C.; BONA, C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Origem de brotações epicórmicas e aplicação de ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de *Vochysia bifalcata* Warm. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 385-393, 2015.

ROCHA, M. G. B.; ROCHA, D.; CLEMENTE, V. M.; FREITAS, M. V.; GOMES, R.; JESUS, S. V.; CHAVES, R. M.; TORRES, G. A.; XAVIER, A. Propagação vegetativa em espécies arbóreas nativas. In: **Melhoramento de espécies arbóreas nativas.** Org. Rocha, M.G.B. Série Técnica, Belo Horizonte: Instituto Estadual de Florestas, 2002. 173 p.

ROSA, L. S.; WENDLING, I.; SOUZA JUNIOR, L. Brotações epicórmicas no resgate vegetativo de árvores selecionadas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. In: Congresso Sul-americano Da Erva-Mate, 3., 2003, Chapecó. **Anais.** Chapecó: EPAGRI, 2003. CD-ROM.

SANTIN, D.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; BRONDANI, G. E.; REISSMANN, D. M.; ROVEDA, L. F. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 56, p. 97-104, 2008.

SARTORI, I. A.; ILHA, L. L. H. Anelamento e incisão anelar em fruteiras de caroço. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 724-729, 2005.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; GOMES, A. A.; SILVA, K. A.; WATHIER, F.; SCALON FILHO, H. Germinação e crescimento inicial da muda de Orelha-de-macaco (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong): efeito de tratamentos químicos e luminosidade. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 529-536, 2006.

SERCILOTO, C. M.; CASTRO, P. R. de C. e. Uso de biorreguladores em lima ácida 'tahiti'. **Laranja**, v. 22, n. 2, p. 383-394, 2001.

SHIMIZU, J. Y.; OLIVEIRA, Y. M. M. **Distribuição e usos dos recursos genéticos da araucária no sul do Brasil**. Curitiba: EMBRAPA – URPFSC, 1981 (Documento 4).

SILVA, C. M. M. de S.; FAY, E. F.; VIEIRA, R. F. Degradação do paclobutrazol em solos tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 10, p. 1223-1227, 2003.

SILVA, P. H. M. da; MORAES, C. B. de; MORI, E. S. Polinização controlada em eucaliptos nas empresas florestais brasileiras. **Circular Técnica IPEF**, nº. 204, p. 1-12, 2012. Disponível em: <<http://ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr204.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2016.

SRIVASTAV, M.; KISHOR, A.; DAHUJA, A.; SHARMA, R. R. Effect of paclobutrazol and salinity on ion leakage, proline content and activities enzymes in mango (*Mangifera indica* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 125, n. 4, p. 785-788, 2010.

STAHL, J. A.; LOBATO, L. P.; BOCHI, V. C.; KUBOTA, E. H.; GUTKOSKI, L. C.; EMANUELLI, T. Physicochemical properties of Pinhão (*Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze) starch phosphates. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 1206-1214, 2007.

STUEPP, C. A.; BITENCOURT, J. de; WENDLING, I.; KOEHLER, H. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Propagação de erva-mate utilizando brotações de anelamento e de cepa em matrizes de duas idades. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 519-526, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Armed, 2009. 848 p.

WEBBER, J. E.; ROSS, S. D.; PHARIS, R. P.; OWENS, J. N. Interaction between gibberellin A4/7 and root-pruning on the reproductive and vegetative process in Douglas-fir. II-Effects on shoot elongation and its relationship to flowering. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 15, p. 348-53, 1985.

WENDLING, I. A araucária na silvicultura brasileira. **Referência: A revista da indústria da madeira**. Curitiba, v. 2, n. 108, 2010.

WENDLING, I. **Enxertia e florescimento precoce em *Araucaria angustifolia***. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 7p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 272). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/41903/1/CT272.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

WENDLING, I. **Tecnologia de enxertia de *Araucaria angustifolia* para produção precoce de pinhões**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 7 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 351). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125311/1/CT-351-lvar.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2016

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; HOFFMANN, H. A.; BETTIO, G.; HANSEL, F. A. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. **Agronomia Costarricense**, v. 33, n. 2, p. 309-319, 2009.

WENDLING, I.; STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. *Araucaria angustifolia* grafting: techniques, environments and origin of propagation material. **Bosque**, v. 37, n. 2, p. 285-293, 2016.

WILLIAMS, D. R.; POTTS, B. M.; SMETHURST, P. J. Promotion of flowering in *Eucalyptus nitens* by paclobutrazol was enhanced by nitrogen fertilizer. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 33, p. 74-81, 2003.

XAVIER, A.; DA SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010.



XAVIER A., SANTOS G. A. Clonagem em espécies florestais nativas. In: M.G.B. Rocha. **Melhoramento de espécies arbóreas nativas**. Belo Horizonte: Instituto Estadual de Florestas, 2002. 171p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal**: princípios e técnicas. 2 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 279 p.

YIN, H.; YAN, B.; SUN, J.; JIA, P.; ZHANG, Z.; YAN, X.; CHAI, J.; REN, Z.; ZHENG, G.; LIU, H. Graft-union development: a delicate process that involves cell–cell communication between scion and stock for local auxin accumulation. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, p. 4219-4232, 2012.

ZANETTE, F. **A araucária como fruteira para a produção de pinhões**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2010. v. 2. 25p .

ZANETTE, F.; OLIVEIRA, L. da S.; BIASI, L. A. Grafting of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze through the four seasons of the year. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1364-1370, 2011.

ZARROUK, O.; APARICIO, J.; GOGORCENA, Y.; MORENO, M. A.; PINOCHET, J. Graft compatibility for new peach rootstocks in nursery. **Acta Horticulturae**, v. 713, p. 327-330, 2006.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. North Carolina State University. New York, 505 p., 1984.

## APÊNDICES

APÊNDICE 1.1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA A PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA, PORCENTAGEM DE PLANTAS COM BROTAÇÕES EPICÓRMICAS, NÚMERO DE BROTO EMITIDOS POR PLANTA EM *A. angustifolia* SUBMETIDAS A TÉCNICAS DE RESGATE VEGETATIVO.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO		
		SOBREVIVÊNCIA	PLANTAS COM BROTAÇÃO	Nº BROTO
BLOCOS	1	22,61 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	3,84 <sup>ns</sup>
TÉCNICAS DE RESGATE VEGETATIVO (A)	2	10935,08**	5668,46 **	5085,14**
ERRO A	2	4,5	19,63	0,75
PARCELAS	5			
AVALIAÇÕES (B)	13	3417,59**	2208,34**	77,29**
TÉCNICAS (A) X AVALIAÇÕES (B)	26	929,95**	847,71**	108,07**
ERRO B	39	1,48	1,36	1,31
TOTAL	83			
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)		2,62/1,61	7,47/1,97	7,10/9,39
TESTE DE BARTLETT (X <sup>2</sup> )		1,58 <sup>ns</sup>	7,5 <sup>ns</sup>	18,03 <sup>ns</sup>

\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE (P<0,05)

\*\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 1% DE PROBABILIDADE (P<0,01)

<sup>ns</sup> NÃO SIGNIFICATIVO

GL = GRAU DE LIBERDADE

APÊNDICE 2.1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA A PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE ENXERTOS DE *A. angustifolia*, AVALIADOS MENSALMENTE ATÉ 180 DIAS APÓS A ENXERTIA (DAE).

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO				
		60 DAE	90 DAE	120 DAE	150 DAE	180 DAE
ÉPOCA (A)	1	4814,2**	431,4 <sup>ns</sup>	132,1 <sup>ns</sup>	395,5 <sup>ns</sup>	1218,9 <sup>ns</sup>
TÉCNICA (B)	1	1345,5*	634,6 <sup>ns</sup>	1653,1*	2493,9*	2583,0*
LOCAL (C)	1	122,1 <sup>ns</sup>	590,8 <sup>ns</sup>	200,0 <sup>ns</sup>	70,5 <sup>ns</sup>	56,4 <sup>ns</sup>
ÉPOCA (A) X TÉCNICA (B)	1	876,7 <sup>ns</sup>	5447,1**	5778,1**	6540,8**	6684,6**
ÉPOCA (A) X LOCAL (C)	1	122,1 <sup>ns</sup>	122,1 <sup>ns</sup>	12,5 <sup>ns</sup>	23,6 <sup>ns</sup>	33,0 <sup>ns</sup>
TÉCNICA (B) X LOCAL (C)	1	212,7 <sup>ns</sup>	825,2 <sup>ns</sup>	344,5 <sup>ns</sup>	70,5 <sup>ns</sup>	33,0 <sup>ns</sup>
ÉPOCA (A) X TÉCNICA (B) X LOCAL (C)	1	56,4 <sup>ns</sup>	43,9 <sup>ns</sup>	63,3 <sup>ns</sup>	23,63 <sup>ns</sup>	56,4 <sup>ns</sup>
TRATAMENTOS	7	1078,8**	1156,4**	1169,1**	1374,1**	1523,6**
BLOCOS	3	664,7 <sup>ns</sup>	577,7 <sup>ns</sup>	679,4 <sup>ns</sup>	658,0 <sup>ns</sup>	676,7 <sup>ns</sup>
ERRO	21	237,9	214,7	264,9	353,0	337,3
TOTAL	31					
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)		19,2	22,9	27,2	33,6	35,1
TESTE DE BARTLETT (X <sup>2</sup> )		7,9 <sup>ns</sup>	6,1 <sup>ns</sup>	3,5 <sup>ns</sup>	3,4 <sup>ns</sup>	5,3 <sup>ns</sup>

\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE (P<0,05)

\*\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 1% DE PROBABILIDADE (P<0,01)

<sup>ns</sup> NÃO SIGNIFICATIVO

GL = GRAU DE LIBERDADE

APÊNDICE 2.2 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA A PORCENTAGEM DE ENXERTOS DE *A. angustifolia* COM BROTAÇÃO, AVALIADOS MENSALMENTE ATÉ 180 DIAS APÓS A ENXERTIA (DAE).

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO			
		90 DAE	120 DAE	150 DAE	180 DAE
ÉPOCA (A)	1	12403,1**	7734,5**	1411,1*	2278,1**
TÉCNICA (B)	1	528,1**	4,8 <sup>ns</sup>	142,3 <sup>ns</sup>	38,2 <sup>ns</sup>
LOCAL (C)	1	903,1**	70,5 <sup>ns</sup>	164,2 <sup>ns</sup>	63,2 <sup>ns</sup>
ÉPOCA (A) X TÉCNICA (B)	1	28,1 <sup>ns</sup>	1098,6 <sup>ns</sup>	8048,6**	7350,7**
ÉPOCA (A) X LOCAL (C)	1	2278,1**	2320,5**	70,5 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>
TÉCNICA (B) X LOCAL (C)	1	378,1*	239,2 <sup>ns</sup>	164,2 <sup>ns</sup>	200,0 <sup>ns</sup>
ÉPOCA (A) X TÉCNICA (B) X LOCAL (C)	1	3,1 <sup>ns</sup>	395,5 <sup>ns</sup>	726,7 <sup>ns</sup>	450,0 <sup>ns</sup>
TRATAMENTOS	7	2360,2**	1694,8**	1532,5**	1483,0**
BLOCOS	3	254,6**	456,4 <sup>ns</sup>	502,2 <sup>ns</sup>	532,8 <sup>ns</sup>
ERRO	21	38,02	243,4	252,2	244,2
TOTAL	31				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)		27,0	48,8	36,6	36,5
TESTE DE BARTLETT (X <sup>2</sup> )		0,6 <sup>ns</sup>	10,3 <sup>ns</sup>	8,8 <sup>ns</sup>	7,0 <sup>ns</sup>

\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE (P<0,05)

\*\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 1% DE PROBABILIDADE (P<0,01)

<sup>NS</sup> NÃO SIGNIFICATIVO

GL = GRAU DE LIBERDADE

APÊNDICE 2.3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA O NÚMERO DE BROTAÇÕES POR ENXERTO DE *A. angustifolia*, AVALIADOS MENSALMENTE ATÉ 180 DIAS APÓS A ENXERTIA (DAE).

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO			
		90 DAE	120 DAE	150 DAE	180 DAE
ÉPOCA (A)	1	9,7**	1705**	8,0**	9,8**
TÉCNICA (B)	1	5,3**	14,8**	19,0**	30,9**
LOCAL (C)	1	0,1 <sup>ns</sup>	8,6*	2,1*	1,2 <sup>ns</sup>
ÉPOCA (A) X TÉCNICA (B)	1	0,8 <sup>ns</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>
ÉPOCA (A) X LOCAL (C)	1	1,7*	1,0 <sup>ns</sup>	0,1*	0,5 <sup>ns</sup>
TÉCNICA (B) X LOCAL (C)	1	1,2 <sup>ns</sup>	4,6 <sup>ns</sup>	3,4 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>
ÉPOCA (A) X TÉCNICA (B) X LOCAL (C)	1	0,1 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	4,7 <sup>ns</sup>
TRATAMENTOS	7	2,7**	7,3**	4,9**	7,1**
BLOCOS	3	0,7 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>
ERRO	21	0,3	1,0	0,3	0,2
TOTAL	31				
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)		64,8	48,2	25,6	18,3
TESTE DE BARTLETT (X <sup>2</sup> )		2,8 <sup>ns</sup>	10,3 <sup>ns</sup>	18,3 <sup>ns</sup>	15,3 <sup>ns</sup>

\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE (P<0,05)

\*\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 1% DE PROBABILIDADE (P<0,01)

<sup>ns</sup> NÃO SIGNIFICATIVO

GL = GRAU DE LIBERDADE

APÊNDICE 3.1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) DA PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DOS ENXERTOS DE *A. angustifolia* PELAS TÉCNICAS DE ENXERTIA (BORBULHIA DE FLAUTA E PLACA) E EM DIFERENTES LOCAIS DE ESTABELECIMENTO DOS PORTA-ENXERTOS (CAMPO E CASA DE VEGETAÇÃO), AVALIADA MENSALMENTE ATÉ OS 270 DIAS APÓS A ENXERTIA (DAE).

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO
BLOCOS	3	1176,3 <sup>ns</sup>
TÉCNICAS (A)	1	3629,6 <sup>ns</sup>
LOCAL (B)	1	2052,0 <sup>ns</sup>
TÉCNICAS (A) X LOCAL (B)	1	1329,3 <sup>ns</sup>
ERRO	9	3100,1
AVALIAÇÕES (C)	7	1456,2 <sup>**</sup>
TÉCNICAS (A) X AVALIAÇÕES (C)	7	146,3 <sup>**</sup>
LOCAL (B) X AVALIAÇÕES (C)	7	6,8 <sup>**</sup>
TÉCNICAS (A) X LOCAL (B) X AVALIAÇÕES (C)	7	20,75 <sup>ns</sup>
ERRO	84	49,46
TOTAL	127	
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)		82,87 - 119,97 - 13,77
TESTE DE BARTLETT (X <sup>2</sup> )		10,59 <sup>ns</sup>

\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE (P<0,05)

\*\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 1% DE PROBABILIDADE (P<0,01)

<sup>NS</sup> NÃO SIGNIFICATIVO

GL = GRAU DE LIBERDADE

APENDICE 4. 1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA A PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE PLANTAS *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO (GA<sub>3</sub>) E PACLOBUTRAZOL (PBZ).

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO	
		GA <sub>3</sub>	PBZ
BLOCOS	3	23,94 <sup>ns</sup>	9,868*
CONCENTRAÇÕES (A)	3	2,77 <sup>ns</sup>	2,056 <sup>ns</sup>
APLICAÇÕES (B)	1	13,59 <sup>ns</sup>	4,254 <sup>ns</sup>
CONCENTRAÇÕES (A) X APLICAÇÕES (B)	3	3,69 <sup>ns</sup>	1,796 <sup>ns</sup>
ERRO	21	5,95	2,95
AVALIAÇÕES (C)	7	7,89**	12,089**
CONCENTRAÇÕES (A) X AVALIAÇÕES (C)	21	0,22 <sup>ns</sup>	0,130 <sup>ns</sup>
APLICAÇÕES (B) X AVALIAÇÕES (C)	7	0,52 <sup>ns</sup>	0,513 <sup>ns</sup>
CONCENTRAÇÕES (A) X APLICAÇÕES (B) X AVALIAÇÕES (C)	21	0,08 <sup>ns</sup>	0,447 <sup>ns</sup>
ERRO	168	0,36	0,351
TOTAL	255		
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)		72,9 – 43,96 – 14,68	41,0 – 44,7 – 14,89
TESTE DE BARTLETT (X <sup>2</sup> )		64,83 <sup>ns</sup>	56,48 <sup>ns</sup>

\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE (P<0,05)

\*\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 1% DE PROBABILIDADE (P<0,01)

<sup>NS</sup> NÃO SIGNIFICATIVO

GL = GRAU DE LIBERDADE



APENDICE 4.2 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA A ALTURA (CM) E DIÂMETRO (MM) EM PLANTAS *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO (GA<sub>3</sub>).

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO	
		ALTURA	DIÂMETRO
BLOCOS	3	88,28 <sup>ns</sup>	61,61 <sup>*</sup>
CONCENTRAÇÕES (A)	3	84,07 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>*</sup>
APLICAÇÕES (B)	1	863,81 <sup>**</sup>	37,16 <sup>ns</sup>
CONCENTRAÇÕES (A) X APLICAÇÕES (B)	3	52,94 <sup>ns</sup>	5,60 <sup>ns</sup>
ERRO	21	38,50	12,78
AVALIAÇÕES (C)	8	5069,86 <sup>**</sup>	327,63 <sup>**</sup>
CONCENTRAÇÕES (A) X AVALIAÇÕES (C)	24	11,38 <sup>**</sup>	0,48 <sup>ns</sup>
APLICAÇÕES (B) X AVALIAÇÕES (C)	8	9,63 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>
CONCENTRAÇÕES (A) X APLICAÇÕES (B) X AVALIAÇÕES (C)	24	24,30 <sup>**</sup>	1,01 <sup>ns</sup>
ERRO	192	6,01	0,86
TOTAL	287		
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)		11,66 – 10,62 – 4,38	34,02 – 28,86 – 8,10
TESTE DE BARTLETT (X <sup>2</sup> )		66,29 <sup>ns</sup>	84,19 <sup>ns</sup>

\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE (P<0,05)

\*\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 1% DE PROBABILIDADE (P<0,01)

<sup>NS</sup> NÃO SIGNIFICATIVO

GL = GRAU DE LIBERDADE

APENDICE 4.3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA A ALTURA (CM) E DIÂMETRO (MM) EM PLANTAS *A. angustifolia* COM APLICAÇÃO DE PACLOBUTRAZOL (PBZ).

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO	
		ALTURA	DIÂMETRO
BLOCOS	3	40,6 <sup>ns</sup>	7,51 <sup>ns</sup>
CONCENTRAÇÕES (A)	3	1434,0 <sup>**</sup>	101,67 <sup>**</sup>
APLICAÇÕES (B)	1	30,2 <sup>ns</sup>	40,91 <sup>ns</sup>
CONCENTRAÇÕES (A) X APLICAÇÕES (B)	3	1047,5 <sup>**</sup>	36,32 <sup>ns</sup>
ERRO	21	43,05	8,70
AVALIAÇÕES (C)	8	4694,19 <sup>**</sup>	362,63 <sup>**</sup>
CONCENTRAÇÕES (A) X AVALIAÇÕES (C)	24	128,77 <sup>**</sup>	5,92 <sup>**</sup>
APLICAÇÕES (B) X AVALIAÇÕES (C)	8	4,85 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>
CONCENTRAÇÕES (A) X APLICAÇÕES (B) X AVALIAÇÕES (C)	24	128,57 <sup>**</sup>	3,52 <sup>**</sup>
ERRO	192	6,37	0,94
TOTAL	287		
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)		13,31 – 11,20 – 4,67	17,27 – 29,52 – 8,23
TESTE DE BARTLETT ( $X^2$ )		60,55 <sup>ns</sup>	91,88 <sup>ns</sup>

\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE ( $P < 0,05$ )

\*\* SIGNIFICATIVO AO NÍVEL DE 1% DE PROBABILIDADE ( $P < 0,01$ )

<sup>NS</sup> NÃO SIGNIFICATIVO

GL = GRAU DE LIBERDADE